

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-334695

(43)Date of publication of application : 17.12.1998

(51)Int.Cl.

G02B 17/08

(21)Application number : 08-030978

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 19.02.1996

(72)Inventor : TAKAHASHI YUUTOU

(30)Priority

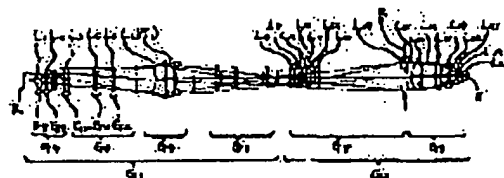
Priority number : 07 82380 Priority date : 07.04.1995 Priority country : JP

(54) CATADIOPTRIC SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To make the aperture of a concave mirror smaller without deteriorating the performance of an optical system.

CONSTITUTION: A 3rd lens group G3 having positive refracting power in a 1st image-forming optical system forming the intermediate image of a first surface includes at least a 10th lens group G10 having the positive refracting power, an 11th lens group G11 having negative refracting power and a 12th lens group G12 having the positive refracting power in order from the side of the first surface; and a 4th lens group G4 possesses the concave mirror and a negative lens component whose concave surface faces to the side of the first surface; and light from the first surface is led in order of the 10th lens group G10, the 11th lens group G11, the 12th lens group G12, the 4th lens group G4, the 12th lens group G12, the 11th lens group G11 and the 10th lens group G10, and the synthetic magnification of the 1st image-forming optical system and a 2nd image-forming optical system is a reduction magnification in this catadioptric system.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.03.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-334695

(43) 公開日 平成8年(1996)12月17日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 17/08			G 0 2 B 17/08	A

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-30978

(22) 出願日 平成8年(1996)2月19日

(31) 優先権主張番号 特願平7-82380

(32) 優先日 平7(1995)4月7日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 高橋 友刀

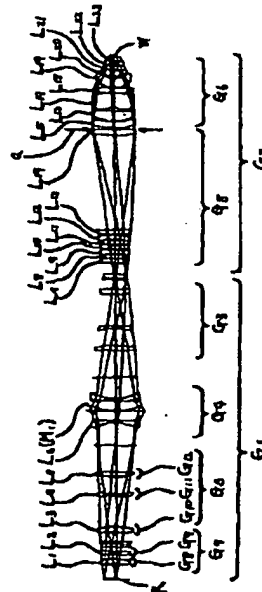
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 反射屈折光学系

(57) 【要約】

【課題】 光学系の性能を劣化させることなく、凹面鏡の口径の小径化を達成する。

【解決手段】 第1面の中間像を形成する第1結像光学系の中の正の屈折力を有する第3レンズ群G3を、少なくとも、前記第1面側から順に、正の屈折力を有する第10レンズ群G10と、負の屈折力を有する第11レンズ群G11と、正の屈折力を有する第12レンズ群G12と、を含むように構成し、また第4レンズ群G4を、凹面鏡と前記第1面側に凹面を向けた負レンズ成分とを有するように構成し、前記第1面からの光を、前記第10レンズ群G10、前記第11レンズ群G11、前記第12レンズ群G12、前記第4レンズ群G4、前記第12レンズ群G12、前記第11レンズ群G11、前記第10レンズ群G10の順に導き、前記第1結像光学系と前記第2結像光学系との合成倍率は縮小倍率である反射屈折光学系を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 面の中間像を形成する第 1 結像光学系と、

前記中間像の像を第 2 面上に形成する第 2 結像光学系と、

前記第 1 結像光学系から前記第 2 結像光学系へ到る光路中に配置され、前記第 1 結像光学系からの光を前記第 2 結像光学系へ導く光路偏向部材とを有し、

前記第 1 結像光学系は、少なくとも、全体として正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、凹面鏡と前記第 1 面側に凹面を向けた負レンズ成分とを有する第 4 レンズ群 G 4 と、を有し、

前記第 3 レンズ群 G 3 は、少なくとも、前記第 1 面側から順に、正の屈折力を有する第 10 レンズ群 G 10 と、負の屈折力を有する第 11 レンズ群 G 11 と、正の屈折力を有する第 12 レンズ群 G 12 と、を含み、

かつ前記第 1 面からの光を、前記第 10 レンズ群 G 10、前記第 11 レンズ群 G 11、前記第 12 レンズ群 G 12、前記第 4 レンズ群 G 4、前記第 12 レンズ群 G 12、前記第 11 レンズ群 G 11、前記第 10 レンズ群 G 10 の順に導き、

前記第 1 結像光学系と前記第 2 結像光学系との合成倍率は縮小倍率であることを特徴とする反射屈折光学系。

【請求項 2】前記第 1 結像光学系は縮小倍率を有し、前記第 2 結像光学系は縮小倍率を有することを特徴とした請求項 1 記載の反射屈折光学系。

【請求項 3】前記第 2 結像光学系は、正屈折力の第 5 レンズ群 G 5 と、正屈折力の第 8 レンズ群 G 8 と、を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の反射屈折光学系。

【請求項 4】前記第 5 レンズ群 G 5 と前記第 8 レンズ群 G 8 との間の光路中には、開口絞りが配置されることを特徴とする請求項 3 記載の反射屈折光学系。

【請求項 5】前記第 1 結像光学系は、前記第 1 面と前記第 3 レンズ群 G 3 との間の光路中に配置された第 7 レンズ群 G 7 を有し、

該第 7 レンズ群 G 7 は、前記第 1 面側から順に、正屈折力の前群と、負屈折力の後群とを有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項 6】前記第 1 面上の物体の高さを Y0 とし、前記第 1 結像光学系によって結像される前記中間像の像高を Y1 とするとき、

$0.4 < |Y0/Y1| < 1.2$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項 7】前記第 2 結像光学系を構成する光学材料は、互いに分散値の異なる少なくとも二種類の光学材料であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項 8】前記第 2 結像光学系中の前記第 5 レンズ群 G 5 は、高分散ガラスから構成される負レンズ成分と、低分散ガラスから構成される正レンズ成分とを含み、前記第 2 結像光学系中の前記第 8 レンズ群 G 8 は、低分散ガラスから構成される正レンズ成分を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項又は請求項 7 記載の反射屈折光学系。

【請求項 9】前記第 1 面と前記第 2 面とを平行にするために、前記第 1 面と前記第 1 結像光学系中の前記第 3 レンズ群 G 3 との間には、前記第 1 面からの光を偏向させる第 2 の光路偏向部材が配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一項記載の反射屈折光学系。

【請求項 10】前記第 1 面の法線と前記第 2 面の法線とが重力方向に対して直角をなすように配置したことを特徴とする請求項 9 記載の反射屈折光学系。

【請求項 11】前記第 1 面と前記第 2 面との配置を平行にするために、前記第 2 結像光学系中の前記第 5 レンズ群 G 5 及び前記第 8 レンズ群 G 8 の間には、光路偏向部材が配置されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一項記載の反射屈折光学系。

【請求項 12】前記第 1 面と前記第 2 面とを水平に配置し、且つ前記第 1 面を前記第 2 面よりも上方に配置したことを特徴とする請求項 12 記載の反射屈折光学系。

【請求項 13】前記第 1 結像光学系と前記第 2 結像光学系との間に形成される中間像の位置に、前記第 2 面上の像形成領域の大きさが可変となる視野絞りを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項 14】前記第 1 結像光学系中の前記凹面鏡の付近、又は前記第 2 結像光学系の光路中に、特殊フィルターを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項 15】前記第 2 結像光学系の光路中、又は前記第 1 結像光学系中の前記凹面鏡の付近に、開口絞りが配置されることを特徴とする請求項 14 記載の反射屈折光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用されるステッパー等の投影露光装置の投影光学系に関する。特に、本発明は、光学系の要素として反射系を用いた反射屈折投影光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、レチクル（又はフォトマスク等）のパターン像を投影光学系を介して例えば $1/4 \sim 1/5$ 程度に縮小して、フォトリソ等が塗布されたウェハ（又はガラスプレート等）上に露光する投影露光装置が使用されている。投影露光装置として

は、従来は主にステッパーのような一括露光方式が使用されていた。

【0003】近年、半導体の製造や半導体チップ実装基板の製造ではますます微細化しており、これらのパターンを焼き付ける露光装置は、より解像力の高いものが要求されている。この要求を満たすためには、露光用の光源の波長（露光波長）を短波長化するか、又は投影光学系の開口数NAを大きくしなければならない。しかしながら、露光波長が短くなると照明光の吸収のため実用に耐える光学ガラスに限られており、屈折系のみで投影光学系を構成することは困難である。特に、波長が300nm以下となると、実用上使用できる硝材は、合成石英と螢石とのみになってしまう。

【0004】一方、反射系のみで投影光学系を構成することも試みられているが、この場合、投影光学系が大型化し、且つ反射面の非球面化が必要となる。ところが、大型の高精度の非球面を製作するのは極めて困難である。そこで、反射系と使用される露光波長に耐える光学ガラスからなる屈折系とを組み合わせたいわゆる反射屈折光学系で投影光学系を構成する技術が種々提案されている。

【0005】その一例として、凹面鏡を1枚含む光学系と屈折光学系とを組み合わせる所定の縮小倍率のもとでレチクルの像を投影する反射屈折光学系が、例えば米国特許第4,779,986号公報、特開平4-234722号公報に開示されている。上記米国特許第4,779,986号公報に開示される反射屈折光学系は、物体側から順に、屈折光学系と、この屈折光学系による中間像を再結像させる反射屈折光学系とから構成されている。

【0006】また、特開平4-234722号公報に開示される光学系は、物体側から順に、完全対称型の反射屈折光学系と、この反射屈折光学系による中間像を縮小倍率のもとで再結像させる屈折光学系とから構成されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記米国特許第4,779,986号公報及び特開平4-234722号公報に開示される反射屈折光学系では、凹面鏡を含む反射屈折光学系中の屈折光学部材として、負屈折力のレンズ成分のみを用いていた。従って、物体（中間像）から凹面鏡へ達する光束の光束径は拡大される一方であるため、凹面鏡自体の口径の小型化を図ることが困難であった。

【0008】上述の問題点に加えて、特に上記米国特許第4,779,986号公報に開示される反射屈折光学系において、像側の開口数を上げると、像側に近い光学系の開口数を上げざるを得ない。このときには、像側に配置される反射屈折光学系中の凹面鏡に入射させる光束の径を拡大させる必要があるため、この凹面鏡の口径が大型化する問題点がある。さらに、米国特

許第4,779,986号公報に開示される反射屈折光学系では、縮小倍率の関係から凹面反射鏡M₁からウェハに到る光路が長く取れないため、この光路中に配置される屈折レンズのレンズ枚数を多くすることができず、十分な結像性能が得られにくいという不都合があった。また、このため、最もウェハ側の光学素子の端面とウェハとの距離、即ちウェハ側の作動距離（ワーキングディスタンス）が長く取れないという不都合があった。

【0009】また、特開平4-234722号公報に開示された反射屈折光学系では、往路と復路とが兼用となる光学系が完全対称型の光学系を構成しており、その光学系での収差発生を極力抑え、後に続く屈折光学系の収差補正負担を軽くしているものであるが、対称型光学系を構成しているため、第1面付近での作動距離（ワーキングディスタンス）が長く取れないという不都合があった。

【0010】以上の如く鑑み、本発明は、光学系の性能を劣化させることなく、凹面鏡の口径の小径化を達成することを目的とする。更に、本発明は、凹面鏡の口径の小径化を達成しつつ、作動距離を十分に確保し、高い開口数を実現することを第2の目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明では、第1面の中間像を形成する第1結像光学系と、前記中間像の像を第2面上に形成する第2結像光学系と、前記第1結像光学系から前記第2結像光学系へ到る光路中に配置され、前記第1結像光学系からの光を前記第2結像光学系へ導く光路偏向部材とを有し、前記第1結像光学系は、少なくとも、全体として正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、凹面鏡と前記第1面側に凹面を向けた負レンズ成分とを有する第4レンズ群G4と、を有し、前記第3レンズ群G3は、少なくとも、前記第1面側から順に、正の屈折力を有する第10レンズ群G10と、負の屈折力を有する第11レンズ群G11と、正の屈折力を有する第12レンズ群G12と、を含み、かつ前記第1面からの光を、前記第10レンズ群G10、前記第11レンズ群G11、前記第12レンズ群G12、前記第4レンズ群G4、前記第12レンズ群G12、前記第11レンズ群G11、前記第10レンズ群G10の順に導き、前記第1結像光学系と前記第2結像光学系との合成倍率は縮小倍率である反射屈折光学系を提供する。

【0012】

【発明の実施の形態】上述の構成の如き本発明によれば、凹面鏡の前側に配置される第3レンズ群G3が正の屈折力を有しているため、第1面から発した光束に収束作用を及ぼし、第4レンズ群G4に入射する光束が絞り込まれる。これにより、第4レンズ群G4中の凹面鏡は、小型化が達成される。また、第3レンズ群G3を正の屈折力の第10レンズ群G10、負の屈折力の第11

レンズ群G11、正の屈折力の第12レンズ群G12と構成することにより、諸収差を良好に補正することができる。更に、この上述の構成により、第1結像光学系の長さを短くすることも可能である。

【0013】また、本発明では、上述の構成により、第1面付近の作動距離を大きくすることができるため、光路偏向部材が容易に挿入可能となる。ここで、光路偏向部材は単に光路を折り曲げる機能のみを持つようにすることが、好ましい。このような光路偏向部材とすれば、ビームスプリッタの如く光束を分離する光路偏向部材の機能を持たせる必要がないため、光量損失をほぼ0%に抑えることが可能となり、フレアーの発生も極めて少なくできる利点が生じる。単に光路を折り曲げる機能のみを持つ光路偏向部材では、ビームスプリッタを用いる場合において発生するビームスプリッタの光分割面の特性の不均一性による収差の発生や、熱吸収により光分割面の特性が変化することによる収差の発生は、生じない。

【0014】ここでは、光路偏向部材を第1結像光学系が形成する中間像の近傍に配置することがさらに好ましい。この構成により、光路を折り曲げる際の偏心誤差の影響を非常に少なくできる。例えば、光路偏向部材に角度誤差が生じている場合には、第1結像光学系に対する第2結像光学系の偏心を招くことになるが、この結果としては、第2面上に形成される像が第1面に対してシフトするだけになり、結像性能に対する影響はほとんど生じない。

【0015】本発明では、第2結像光学系中に凹面鏡を持たない構成であるため、高い開口数のもとでも、像側の作動距離を十分に確保することができる。また、本発明においては、第2結像光学系は、正屈折力の第5レンズ群G5と、正屈折力の第8レンズ群G8とを有する構成が好ましい。そして、本発明においては、これらの第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間の光路中に開口絞りを配置する構成をとることが好ましい。この開口絞りを可変開口絞りとすれば、コヒーレンスファクタ(σ値)を調整できる。

【0016】ここで、焦点深度を深くして且つ解像力を上げる一つの手法として、例えば特公昭62-50811号公報において、レチクルのパターン中の所定部分の位相を他の部分からずらす位相シフト法が提案されている。本発明においては、コヒーレンスファクタ(σ値)を調整することが可能であるため、この位相シフト法の効果をさらに向上できる利点がある。

【0017】本発明では、前記第1結像光学系は縮小倍率を有し、前記第2結像光学系は縮小倍率を有することが好ましい。この様な屈折力の配置によって、光学系を無理なく構成することができる。また、本発明においては、第1結像光学系は、第1面と第3レンズ群G3との間の光路中に配置された第7レンズ群G7を有するよう

は、第1結像光学系及び第2結像光学系では補正しきれない非対称収差、特に歪曲収差、倍率色収差を良好に補正する機能を有する。そして、この第7レンズ群G7は、第1面側から順に、正屈折力の前群と、負屈折力の後群とを有するように構成されることが好ましい。この構成により、第7レンズ群G7全体としては小径化を達成しつつ、テレセントリック性を良好に維持できる。

【0018】本発明において、第2結像光学系を構成する光学材料は、互いに分散値の異なる少なくとも二種類の光学材料であることが好ましい。これにより、色収差の補正効果を向上できる。また、本発明において、第2結像光学系中の前記第5レンズ群G5は、高分散ガラスから構成される負レンズ成分と、低分散ガラスから構成される正レンズ成分を含むように構成され、第2結像光学系中の前記第6レンズ群G6は、低分散ガラスから構成される正レンズ成分を含むように構成されることが好ましい。この構成により、色収差の補正効果をさらに向上できる利点がある。

【0019】更に、本発明では、以下の条件を満足することが好ましい。

$$0.4 < |Y0/Y1| < 1.2 \quad (1)$$

ここで、Y0は第1面上の物体の高さであり、Y1は前記第1結像光学系によって結像される前記中間像の高さである。以上の様な条件範囲とすることにより、無理なく光学系を構成することが可能となる。下限を超えると、第1結像光学系の縮小倍率が大きくなり、広範囲の露光が困難になる。また、上限を超えると、第1群の縮小倍率が小さくなり、凹面鏡を小型化するという本発明の目的から外れることになる。尚、下限を0.6、上限を1.0とすると、更に良い結果が得られる。

【0020】また更に、本発明では、以下の条件を満足することが好ましい。

$$1/10 < |\beta| < 1/2 \quad (2)$$

ここで、βは、全体の倍率である。以上の様な条件範囲とすることにより、前記条件(1)同様に、無理なく光学系を構成することが可能となる。下限を超えると、縮小倍率が大きくなり、広範囲の露光が困難になる。また、上限を超えると、光学系の縮小倍率が小さくなり、縮小投影露光装置とは言えなくなってしまう。ここで、下限を1/8とすると、更に良い結果が得られる。

【0021】また、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。

$$P4 < 0 \quad (3)$$

ここで、P4は、第4レンズ群G4のベッツパル和である。もし、条件(3)を満足しないと、第4レンズ群G4に入射する光束に対し射出する光束が大きくなるため、第3レンズ群G3の各レンズが大型化するようになるので、好ましくない。また更に、反射屈折光学系自体のベッツパル和が大きくなり、像面が平坦でなくなるので、好ましくない。

【0022】更に、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。

$$P3 + P5 + P6 + P7 < 0 \quad (4)$$

ここで、P3は第3レンズ群G3のベッツバル和であり、P5は第5レンズ群G5のベッツバル和であり、P6は第6レンズ群G6のベッツバル和であり、P7は第7レンズ群G7のベッツバル和である。もし、条件(4)を満足しないと、反射屈折光学系全体の倍率が大きくなり、好適な縮小倍率が得られなくなるので、好ましくない。

【0023】また更に、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。

$$|P3 + P4 + P5 + P6 + P7| < 0 \quad (5)$$

上記条件は、光学系全構成要素のベッツバル和に関するものである。もし、条件(5)を満足しないと、像面がプラス側に湾曲するようになり、像面での平坦性がなくなるので、好ましくない。

【0024】そして、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。

$$|P1 + P2| < 0 \quad (6)$$

ここで、P1は第1結像光学系を光線が透過する際の各要素のベッツバル和であり、P2は第2結像光学系のベッツバル和である。P1及びP2は、

$$P1 = (2 \times P3) + P4 + P7$$

$$P2 = P5 + P6$$

と表すことができる。もし、条件(6)を満足しないと、像面の平坦性がなくなるので、好ましくない。

【0025】

【実施例】以下、本発明による反射屈折光学系の実施例を図面を参照して説明する。以下に説明する各実施例は、レチクル上に形成されたパターンをレジストが塗布されたウェハ上に転写する露光装置の投影光学系に本発明を適用したものである。

【0026】まず、図1を参照して、本発明による反射屈折光学系の概略的な構成を説明する。図1において、光軸からの高さがY0で第1面上のレチクルRからの光束は、正の屈折力を有する第10レンズ群G10と負の屈折力を有する第11レンズ群G11と正の屈折力を有する第12レンズ群G12とを含む第3レンズ群G3を通過した後、凹面鏡M1と前記第1面側に凹面を向けたメニスカス成分とを有する第4レンズ群G4に達する。第2実施例中では上述の第3レンズ群G3と第4レンズ群G4とで第1結像光学系G1を構成しているが、第1実施例中では、第1面上のレチクルRと第3レンズ群G3との間に、正の屈折力を有する第8レンズ群G8と負の屈折力を有する第9レンズ群G9とから構成される第7レンズ群G7が存在する。

【0027】ここで、第3レンズ群G3を通過した光束は、第4レンズ群G4に達する。この第4レンズ群G4に達した光束は、第4レンズ群G4中の凹面鏡M1によ

って反射され、再び第3レンズ群G3を通過して、光路偏向部材としての光路折曲げミラーM₁へ向かう。この光路折曲げミラーM₁は、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2の光軸に対して45°で斜設されている。そして、第1結像光学系G1からの光束は、収斂光束となり、光路折曲げミラーM₁の近傍にレチクルRの中間像をY1の高さで形成する。次に、光路折曲げミラーM₁にて反射された光束は、第2結像光学系G2を構成する第5レンズ群G5及び第6レンズ群G6を順に介して、第2面上のウェハW上にレチクルRの2次像(中間像の像)を形成する。ここで、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間には、開口絞りaが配置されている。

【0028】また、図2は、本発明による反射屈折光学系の別の配置を示す図である。尚、図2においては、図1と同様の機能を有する部材には同一の符号を付してある。図2において、図1の例とは異なる点は、第1面と第3レンズ群G3との間の光路中に、光路偏向部材としての光路折曲げミラーM₂を配置した点である。ここで、光路折曲げミラーM₂は第3レンズ群G3の光軸に対して45°で斜設されており、光路折曲げミラーM₁に対して直交して設けられている。この構成により、第1結像光学系G₁及び光路折曲げミラーM₁を介した光束が第1面からの光束の進行方向と同方向となるため、第1面と第2面とを平行な配置とすることができる。この構成により、第1面及び第2面をそれぞれ保持し、かつそれぞれ走査させるための機構の構成が容易となる利点がある。

【0029】なお、図2において、光路折曲げミラーM₁と光路折曲げミラーM₂とを一体の部材で構成しても良い。この構成の場合には、互いに直交する光路折曲げミラーM₁の反射面と光路折曲げミラーM₂の反射面との加工が容易となり、この角度の維持が容易となる利点がある。また、一体に構成する場合には、光路折曲げミラーM₁、M₂の小型化を図ることができ、レンズの配置の自由度を向上させることができる利点がある。

【0030】また、図3は、本発明による反射屈折光学系のさらに別の配置を示す図である。なお、図3においては、図1と同様の機能を有する部材には同一の符号を付してある。図3において、図1の例とは異なる点は、第2結像光学系中の第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間に、第5レンズ群G5の光軸に対して(第6レンズ群G6の光軸に対して)45°で斜設された光路偏向部材としての光路折曲げミラーM₃を配置した点である。この構成により、レンズ群G₁₁から射出されて第2面に到る光束の進行方向が、第1面から第1結像光学系へ入射する光束の進行方向と同方向となるため、第1面と第2面とを互いに平行な配置とすることができる。この構成により、第1面及び第2面をそれぞれ保持し、かつそれぞれ走査させるための機構の構成が容易となる利

点がある。

【0031】また、図3の例では、第1結像光学系G1の第10レンズ群G10から光路折曲げミラーM₁へ向かう光束の進行方向と、第2結像光学系G2中の光路折曲げミラーM₂から第6レンズ群G6へ向かう光束の進行方向とを互いに逆方向とるように、光路折曲げミラーM₁、M₂を配置しているため、反射屈折光学系自体をコンパクトに構成することができる。特に、この構成によれば、第1面と第2面との間隔を短くすることができる利点があり、露光装置全体のコンパクト化を図ることができる。さらに、図3の例では、光路折曲げミラーM₁を第1結像光学系が形成する中間像の近傍に配置することができるため、光路折曲げミラーM₁の小型化を実現でき、光学系の配置の自由度を増すことができる。

【0032】更に、図2に示す実施例においては、第1面の法線と第2面の法線とが重力方向に対して直角をなすように配置することが好ましい。この様に配置すると、第1面、第2面及び最も精度が要求される凹面鏡M₁が重力による非対称な変形を受けなくなるので、大型のフォトマスクやガラスプレートをを用いて投影露光する際に有利になる。

【0033】また、図3に示す実施例においては、第1面及び第2面が水平方向となるように光学系を配置すると、重力によって非対称な変形を受ける光学素子が少なくなる。それ故、第1面及び第2面が水平方向で、第1面を第2面よりも上方となるように配置することが好ましい。特に、第2結像光学系中の第5レンズ群G5以外には非対称な変形を受けないため、この様な配置とすると、光学性能上非常に有利である。ここで、凹面鏡M₁が水平に配置されているということは、殊更有效である。

【0034】また、上記各実施例では、凹面鏡M₁付近又は第2結像光学系中（特に、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間）に開口絞りを配置することが可能である。また、このとき、照明光学系の開口数NAと投影光学系の開口数NAとの比であるシグマ(σ)値を、可変にすることも可能である。本実施例中では、機械的干渉が起りにくい第2光学系に配置することが特に好ましい。

【0035】また、開口絞りを配置する代わりに、様々な特殊フィルターを配置することによって、焦点深度を深くすることが可能である。特殊フィルターの一例の図を示した図8を参照しながら説明する。下記の数値実施例は、物体側及び像側がテレンセントリックな光学系となっていて、物体側の各点からの主光線はある光軸の一点で交わるようになっている。この様な状況で主光線が光軸と交わる一点を含む平面を、フーリエ変換面と呼び、特殊フィルターは、このフーリエ変換面に配置する。以下に示す各数値実施例では、凹面鏡M₁付近又は第2結像光学系中にフーリエ変換面を設けることが可能

である。フーリエ変換面では、光軸から放れた特定の位置によって回折光の次数が決まる。光軸から離れるほど次数は高くなる。一般的な投影露光光学系は、0次及び1次の回折光を取り入れている。これより、図8(a)及び(b)に示す様に、0次光の成分が存在する半径 r_0 、の光軸付近の領域FAと、半径 r_0 から半径 r_1 までの1次光（及びそれ以上の次数の回折光）が存在する開口部周辺付近の領域FBとに、フィルターの領域を分割する。

【0036】図8(c)に示す通り、同心円状に分割したフィルターは、中心部領域FAがS偏光のみを透過し、周辺部領域FBがP偏光のみを透過するように偏光膜を形成する。当然のことながら、中心部領域FAがP偏光、周辺部領域FBがS偏光のみを透過するようにしても構わない。また、このとき、中心部領域FAの屈折率が、周辺部領域FBの屈折率より低くなるようにする。

【0037】上記に示した構成により、特殊フィルターの周辺部領域FBを透過した光束は、焦点面で通常の結像を行う。一方、特殊フィルターの中心部領域FAを透過した光束は、屈折率が低いために、通常の焦点面よりレンズから遠ざかる位置に焦点を結ぶ。ここで、周辺部領域FBを透過した光束と中心部領域FAを透過した光束とは偏光状態が異なるため、それぞれの光束が干渉することは無い。これにより、焦点深度を深くすることが可能となる。また、焦点深度を深くする技術としては、特開昭61-91662号公報、特開平5-234850号公報、特開平6-120110号公報、特開平6-124870号公報、特開平7-57992号公報及び特開平7-57993号公報等に開示された技術があり、それぞれ本発明に適用可能である。特に、この様な技術は、孤立パターンを形成するときに有効である。

【0038】ここで、凹面鏡M₁付近に特殊フィルターを配置した場合、第2結像光学系の方に開口絞りを配置して、開口数を変化させることが可能である。また、第2結像光学系に特殊フィルターを配置し、凹面鏡M₁付近に開口絞りを配置することも可能である。このように、本実施例中における反射屈折光学系は、開口絞りと特殊フィルターとを同一光学系中に分離して配置することができ、空間配置において有利である。

【0039】また、中間像を形成する場所に絞りを置けば、この絞りは、視野絞りとすることができる。各実施例の場合、第1結像光学系と第2結像光学系の間、視野絞りを設けることが可能である。上記実施例では、図1から図3までに示すように、中間像のできる位置がミラーの付近となっている。このため、ミラーの付近に絞りを配置すればよい。絞りを配置する構成としては、例えば、図9に示す例がある。

【0040】視野絞りを設ける場合は、図9に示す例のごとく、光路折曲げミラーM₁をなるべく第1結像光

光学系G1の第10レンズ群G10の近傍となるように配置する。これにより、中間像が形成される面が、光路折り曲げミラーM₁近傍から第2結像光学系中の第5レンズ群G5よりとなる。この様な配置とすることにより、光路折り曲げミラーM₁と第1結像光学系G1の第10レンズ群G10と視野絞り機能とが機械的干渉が起これにくくなる。そして、中間像を形成する面に、視野絞りSを配置する。視野絞りSが動くことにより、中間像のできる範囲が変化する。これにより、最終的に第2面上で像の形成される範囲が変化するとなる。

【0041】また、視野の大きさを変化させるものとして、特開昭57-192024号公報、特開昭60-30132号公報、特開昭60-45252号公報、実開昭62-124845号公報、米国特許第4,473,293号公報及び米国特許第4,474,463号公報等に開示された技術があり、それぞれ応用可能である。

【0042】上記のように、可動な遮光部材を場合に依りて動かすことにより視野絞りを達成する方法以外に、大きさの異なるミラー自体を交換することにより、視野絞りの代わりとすることができる。なお、図9に示す開口可変な視野絞りの形状は、四角形のみならず、円弧状及び四角以上の多角形状にも適用できることは言うまでもない。また、投影光学系中に視野絞りを配置することができるため、照明光学系に配置された所謂レチクルブラインドを無くすこと可能であるとも言うまでもない。

【0043】次に、本発明の反射屈折光学系の数値実施例を説明する。以下の数値実施例においては、レンズ配置を図2及び図4に示すように、展開光路図で表す。展開光路図においては、反射面は透過面として表され、レチクルRからの光が通過する順に各光学要素が配列される。また、凹面反射鏡の反射面では、平面の仮想面を使用している。そして、レンズの形状及び間隔を表すために、例えば図2に示すように、レチクルRのパターン面を第0面として、レチクルRから射出された光がウェハWに達するまでに通過する面を順次第i面(i=1, 2, ...)としている。ここで、第i面の曲率半径r_iの符号は展開光路図の中でレチクルRに対して凸面を向ける場合を正にとる。また、第i面と第(i+1)面との面間隔をd_iとする。また、硝材として、SiO₂は溶融石英を表し、CaF₂は蛍石を表す。溶融石英及び40 蛍石の使用基準波長(193.0nm)に対する屈折率は次のとおりである。

溶融石英: 1.56019

蛍石: 1.50138

また、分散値1/nは、次の通りである。

合成石英: 1780

蛍石: 2550

但し、実施例中での分散値は、使用基準波長(193.0nm)に対する±0.1nmの分散値である。

【第1実施例】図2を参照して本発明による第1実施例 50

を説明する。図2は第1実施例における反射屈折光学系の展開光路図である。

【0044】図2に示す各レンズ群のレンズ構成について説明すると、第7レンズ群G7は、レチクルR側から順に、第8レンズ群G8である両凸形状の正レンズL₈と第9レンズ群G9である両凹形状の負レンズL₉とから構成される。第7レンズ群G7に続いて配置される第3レンズ群G3は、第10レンズ群G10である両凸形状の正レンズL₁₀と、第11レンズ群G11であるレチクルR側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL₁₁と、第12レンズ群G12である両凸形状の正レンズL₁₂とから構成される。更に、第3レンズ群G3に続いて配置される第4レンズ群G4は、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL₄と凹面鏡M₄とから構成される。

【0045】ここで、レチクルRからの光束は、第8レンズ群G8、第9レンズ群G9、第10レンズ群G10、第11レンズ群G11、第12レンズ群G12、第4レンズ群G4、第12レンズ群G12、第11レンズ群G11、第10レンズ群G10を順に経由して、第3レンズ群G3と第7レンズ群G7との間にレチクルRの中間像を形成する。

【0046】第5レンズ群G5は、この中間像側から順に、屈折力の弱い両凸形状の正レンズL₅と、両凸形状の正レンズL₅と、両凹形状の負レンズL₆と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL₆と、両凹形状の負レンズL₆と、中間像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL₆と、両凸形状の正レンズL₇と、両凸形状の正レンズL₇とから構成される。

【0047】また、この第5レンズ群G5に続いて配置される第8レンズ群G8は、中間像側から順に、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL₈と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL₈と、中間像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL₉と、両凸形状の正レンズL₉と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL₉と、両凸形状の正レンズL₉と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ成分L₉と、屈折力の弱い両凹形状の負レンズL₁₀と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL₁₀と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL₁₀とから構成される。

【0048】以下の表1に本実施例の諸元の値を掲げる。本実施例において、全系の倍率は1/4倍(縮小)であり、ウェハW側の開口数NAは0.57である。そして、図1に示す如く、本実施例の反射屈折光学系は、レチクルR上における露光領域は、縦方向が光軸Axからの物体高の範囲が52から78までの長さ24で、横方向が120の矩形状である。

【0049】なお、表1に示す本実施例においては、光路折り曲げミラーM₁は、第7面と第28面とに位置す

る。また、表 1 では、凹面鏡 M_1 は第 18 面に相当する。本実施例中において第 17 面（仮想面）と第 18 面とを反射面（屈折率 $= -1$ ）とすることで、図 3 に示す展開光路図を作成可能とした。

【0050】

【表 1】

$d_0 = 100.000$

	r	d	硝材
10	1 608.570	40.000	CaF ₂
	2 -535.784	35.737	
	3 -767.542	15.000	SiO ₂
	4 583.270	35.000	
	5 0.000	20.000	仮想面
	6 0.000	15.000	仮想面
	7 0.000	67.394	仮想面
	8 1932.142	40.000	CaF ₂
	9 -501.972	223.395	
	10 2599.069	15.000	SiO ₂
20	11 491.076	123.036	
	12 883.255	30.000	SiO ₂
	13 -2160.911	187.657	
	14 0.000	160.860	仮想面
	15 -281.482	15.000	SiO ₂
	16 -3684.750	70.000	
	17 0.000	0.000	仮想面
	18 441.367	70.000	凹面鏡 M_1 に相当
	19 3684.750	15.000	SiO ₂
	20 281.483	160.860	
30	21 0.000	187.657	仮想面
	22 2160.911	30.000	SiO ₂
	23 -883.255	123.036	
	24 -491.076	15.000	SiO ₂
	25 -2599.068	223.395	
	26 501.972	40.000	CaF ₂
	27 -1932.142	67.394	
	28 0.000	15.000	仮想面
	29 0.000	20.000	仮想面
	30 0.000	80.000	仮想面
40	31 3884.731	30.000	SiO ₂
	32 -1381.698	0.100	
	33 391.241	30.000	CaF ₂
	34 -352.648	5.000	
	35 -340.120	24.000	SiO ₂
	36 348.160	11.200	
	37 6861.792	24.000	SiO ₂
	38 480.913	10.907	
	39 865.932	30.000	CaF ₂
	40 -440.248	3.766	
	41 -328.951	35.000	SiO ₂

		15	
42	-669.448	0.100	
43	490.606	35.000	CaF ₂
44	-3123.854	672.921	
45	681.761	40.000	SiO ₂
46	-8251.041	8.000	
47	0.000	8.000	開口絞り a
48	596.576	45.000	SiO ₂
49	664.912	1.280	
50	278.080	72.842	CaF ₂
51	12512.845	18.900	
52	-523.686	106.927	SiO ₂
53	-728.219	0.513	
54	704.707	33.464	CaF ₂
55	-2768.356	0.367	
56	154.151	69.820	SiO ₂
57	131.258	12.825	
58	148.970	44.938	SiO ₂
59	1416.567	4.200	
60	-1306.088	22.680	SiO ₂
61	6140.209	1.920	
62	1077.774	30.410	SiO ₂
63	604.397	2.252	
64	326.876	29.808	SiO ₂
65	5403.830	15.000	

条件対応値を以下に示す。

$$(1) |Y0/Y1| = 0.97$$

$$(2) |\beta| = 0.25$$

$$(3) P4 = -0.00689$$

$$(4) P3 + P5 + P6 + P7 = 0.00608$$

$$(5) |P3 + P4 + P5 + P6 + P7| = -0.00081$$

$$(6) |P1 + P2| = 0.00000$$

図3(a)は第1実施例の縦収差図であり、図3(b)は第1実施例の倍率色収差図、図3(c)は第1実施例の横収差図である。各収差図中において、NAは開口数を表し、Yは像高を表す。また、符号J、P及びQは、波長がそれぞれ193.0nm、192.9nm及び193.1nmであることを示す。そして、図3(a)において、球面収差中において、破線は正弦条件逸反量を表し、非点収差中においては、破線はメリジオナル像面、実線はサジタル像面をそれぞれ表す。図3(c)に示す横収差図において、各コマ収差図中の上部に記載される数字は、物体高を表し、特に、RANDは物体高0のときを表している。

【0051】図3(a)～(c)に示す諸収差図より、本実施例では、0.57という大きな開口数NAでありながら、広い領域において諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、図3(a)～(c)に示す諸収差図より、本実施例では、波長幅0.1nmの範囲において軸上及び倍率の色収差も良好に補正されていることが分かる。

〔第2実施例〕図4を参照して本発明による第2実施例を説明する。図4は第2実施例による反射屈折光学系の展開光路図である。

【0052】図4に示す各レンズ群のレンズ構成について説明すると、レチクルR側から順に、第10レンズ群G10、第11レンズ群G11、第12レンズ群G12から構成される。ここで、第10レンズ群G10は、両凸形状の正レンズL₁₀と、両凹形状の負レンズL₁₀と、両凸形状の正レンズL₁₀と、レチクルR側に凹面を向けたメネスカス形状の負レンズL₁₀から構成される。また、第11レンズ群G11は、レチクルR側に凸面を向けたメネスカス形状の負レンズL₁₁である。第12レンズ群G12は、両凸形状の正レンズL₁₂と、レチクルR側に凸面を向けたメネスカス形状の負レンズL₁₂と、両凸形状の正レンズL₁₂とから構成される。更に、第3レンズ群G3に続いて配置される第4レンズ群G4は、レチクルR側に凹面を向けたメネスカス形状の負レンズL₄と凹面鏡M₁とから構成される。

【0053】ここで、レチクルRからの光束は、第10レンズ群G10、第11レンズ群G11、第12レンズ群G12、第4レンズ群G4、第12レンズ群G12、第11レンズ群G11、第10レンズ群G10を順に経由して、第3レンズ群G3とレチクルRとの間にレチクルRの中間像を形成する。第5レンズ群G5は、この中間像側から順に、中間像に凹面を向けたメネスカス形状の負レンズL₅と、両凸形状の正レンズL₅と、両凹形状の負レンズL₅と、両凸形状の正レンズL₅と、中間像側に凹面を向けたメネスカス形状の負レンズL₅と、両凸形状の正レンズL₅と、両凸形状の正レンズL₅とから構成される。

【0054】また、この第5レンズ群G5に続いて配置される第8レンズ群G8は、中間像側から順に、中間像側に凸面を向けたメネスカス形状の正レンズL₈と、両凸形状の正レンズL₈と、両凹形状の負レンズL₈と、中間像側に凸面を向けたメネスカス形状の正レンズL₈と、中間像側に凸面を向けたメネスカス形状の負レンズL₈と、中間像側に凸面を向けたメネスカス形状の正レンズ成分L₈と、中間像側に凹面を向けたメネスカス形状の負レンズL₈と、両凸形状の正レンズL₈と、中間像側に凸面を向けたメネスカス形状の正レンズL₈とから構成される。また、このとき、開口絞りaは、第5レンズ群G5と第8レンズ群G8との間に配置される。

【0055】以下の表2に本実施例の諸元の値を掲げる。本実施例において、全系の倍率は1/4倍（縮小）であり、ウェハW側の開口数NAは0.57である。本実施例の反射屈折光学系は、レチクルR上における露光領域は、縦方向が光軸Aからの物体高の範囲が48から72までの長さ24で、横方向が120の矩形形状である。

【0056】なお、表2では、凹面鏡M₁は第20面に

相当する。本実施例中において第19面（仮想面）と第20面とを反射面（屈折率 $=-1$ ）とすることで、図5に示す展開光路図を作成可能とした。

【0057】

【表2】

$d_0 = 218.470$

	r	d	n	
10	1	269.428	60.000	CaF ₂
	2	-309.838	5.000	
	3	-287.784	15.000	SiO ₂
	4	298.252	31.810	
	5	319.859	60.000	CaF ₂
	6	-267.967	4.500	
	7	-273.316	20.000	SiO ₂
	8	-714.458	113.482	
	9	1247.366	18.200	SiO ₂
	10	358.307	83.901	
20	11	1886.366	25.920	CaF ₂
	12	-409.348	19.000	
	13	-191.202	20.000	SiO ₂
	14	-460.687	15.474	
	15	402.149	33.000	SiO ₂
	16	-903.948	201.807	
	17	-197.350	15.000	SiO ₂
	18	231563.902	20.000	
	19	0.000	0.000	仮想面
	20	314.319	20.000	凹面鏡 M ₁ に相当
30	21	231563.902	15.000	SiO ₂
	22	197.350	201.807	
	23	903.948	33.000	SiO ₂
	24	-402.149	15.474	
	25	460.687	20.000	SiO ₂
	26	191.202	19.000	
	27	409.348	25.920	CaF ₂
	28	1886.369	83.901	
	29	-358.307	18.200	SiO ₂
	30	-1247.366	113.482	
40	31	714.458	20.000	SiO ₂
	32	273.316	4.500	
	33	267.967	60.000	CaF ₂
	34	-319.859	31.810	
	35	-298.252	15.000	SiO ₂
	36	287.784	5.000	
	37	309.838	60.000	CaF ₂
	38	-269.428	183.470	
	39	-227.267	20.000	CaF ₂
	40	-391.496	3.645	
	41	617.033	45.000	SiO ₂

		19	
42	-292.147	46.222	
43	-259.118	15.000	SiO ₂
44	408.199	18.785	
45	1461.463	45.000	CaF ₂
46	-250.187	7.000	
47	-223.680	18.000	SiO ₂
48	-526.047	56.717	
49	936.544	45.000	CaF ₂
50	406.507	590.310	
51	795.462	29.000	SiO ₂
52	-1984.285	10.000	
53	0.000	10.000	開口絞り a
54	230.009	32.805	SiO ₂
55	1447.955	5.000	
56	613.320	35.000	CaF ₂
57	-1494.241	7.137	
58	-694.448	40.000	SiO ₂
59	478.128	5.000	
60	372.847	48.057	CaF ₂
61	2287.239	0.100	
62	100.159	42.562	SiO ₂
63	80.943	9.000	
64	86.320	28.964	SiO ₂
65	1884.561	4.000	
66	-401.131	17.580	SiO ₂
67	-2761.121	0.100	
68	508.419	21.383	SiO ₂
69	-577.558	0.100	
70	647.419	15.000	SiO ₂
71	3939.247	15.000	

条件対応値を以下に示す。

- (1) $|Y0/Y1| = 0.97$
- (2) $|\beta| = 0.25$
- (3) $P4 = -0.01$
- (4) $P3 + P5 + P6 + P7 = 0.00855$
- (5) $|P3 + P4 + P5 + P6 + P7| = -0.00145$
- (6) $|P1 + P2| = 0.00001$

図5(a)は第2実施例の縦収差図であり、図5(b)は第2実施例の倍率色収差図、図5(c)は第2実施例の横収差図である。各収差図中において、NAは開口数を表し、Yは像高を表す。また、符号J、P及びQは、波長がそれぞれ193.0nm、192.8nm及び193.1nmであることを示す。そして、図5(a)において、球面収差中においては、破線は正弦条件違反量を表し、非点収差中においては、破線はメリジオナル像面、実線はサジタル像面をそれぞれ表す。図5(c)に示す横収差図において、各コマ収差図中の上部に記載される数字は物体高を表し、特に、RANDは物体高0のときを表している。

【0058】図5(a)～(c)に示す諸収差図より、本実

施例では、0.57という大きな開口数NAでありながら、広い領域において諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、図5(a)～(c)に示す諸収差図より、本実施例では、波長幅0.1nmの範囲において軸上及び倍率の色収差も良好に補正されていることが分かる。

【0059】以上の通り、本発明による各実施例によれば、非常に大きな開口数でありながら、凹面鏡M₁が小さく、広い露光領域において諸収差が良好に補正された

10 反射屈折光学系を提供することが可能である。そして、第1実施例中では、凹面鏡M₁は、直径を330程度とすることができる。第2実施例中では、凹面鏡M₁は、直径を210程度とすることができる。また、各実施例の屈折レンズの直径についても、小型化することが可能となっている。

【0060】また、上述の各実施例では、光路偏向手段としての光路折曲げミラーM₁が第1結像光学系G1が形成する中間像の近傍に配置される構成であるため、光路折曲げミラーM₁に対する第1及び第2結像光学系G

20 1、G2の偏心誤差の影響を少なくできる。また、上記各実施例では、光路折曲げミラーM₁の反射面に達する光束の径が小さくなるため、光路折曲げミラーM₁自体の小型化を図ることができる。従って、光路折曲げミラーM₁による光束の遮蔽を少なくできるため、露光領域の拡大化を達成できる利点もある。

【0061】さらに、各実施例では、光路折曲げミラーM₁によって、第1結像光学系G1からの光束を90°偏向させた後に第2結像光学系G2へ導く構成としているため、第1結像光学系G1と第2結像光学系G2との

30 偏心調整が容易に行なえる利点がある。また、各実施例においては、第2結像光学系G2中の第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間に開口絞りaを配置できるため、この開口絞りaを開口径可変となるように構成すれば、NA可変(或いはσ可変)による露光をも達成できる。

【0062】尚、上述の第1及び第2実施例の光路折曲げミラーM₁の代わりに、ビームスプリッタを用いる構成をとる場合には、レチクルR上の光軸Axからの物体高が0～72の範囲内(第1実施例では～78の範囲内まで使用可能)を用いる一括露光を行うこともできる。

【0063】

【発明の効果】以上の通り本発明によれば、凹面鏡の口径の小型化をも達成することができ、なお且つ、作動距離を十分に確保したうえで高い開口数を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本的な光学系の構成の概略を示す平面図である。

【図2】本発明の別の態様の構成の概略を示す平面図である。

【図3】本発明の別の態様の構成の概略を示す平面図で

ある。

【図4】本発明の第1実施例による反射屈折光学系の展開光路図である。

【図5】第1実施例による反射屈折光学系の諸収差図である。

【図6】本発明の第2実施例による反射屈折光学系の展開光路図である。

【図7】第2実施例による反射屈折光学系の諸収差図である。

【図8】実施例における特殊フィルターの一例を示した図である。

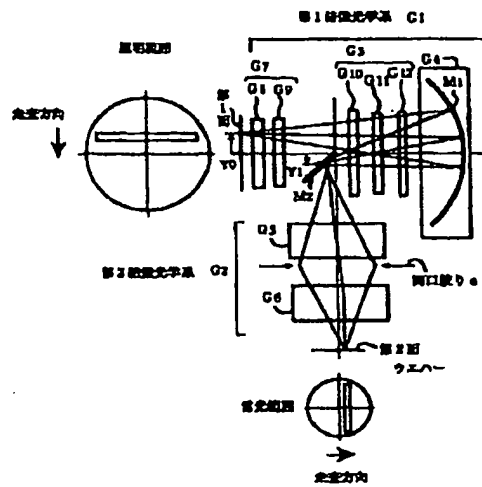
【図9】実施例における視野絞りの一例を示した図であ

る。

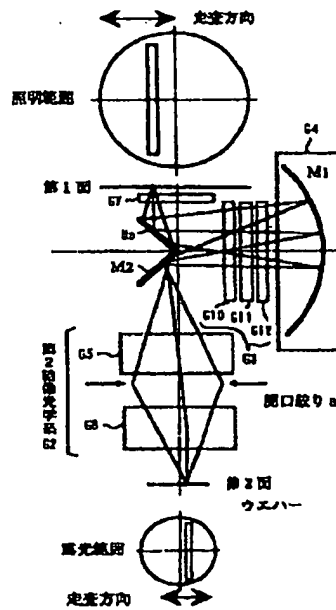
【符号の説明】

- G1 … 第1結像光学系、
 G2 … 第2結像光学系、
 G3 … 第3レンズ群、
 G10 … 第10レンズ群、
 G11 … 第11レンズ群、
 G12 … 第12レンズ群、
 M₁ … 凹面鏡、
 M₂ … 光路折曲げミラー（光路偏向部材）、
 R … レチクル（第1面）、
 W … ウェハ（第2面）、

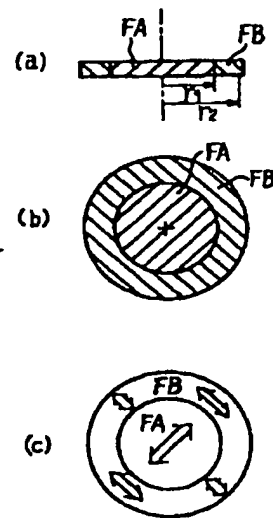
【図1】



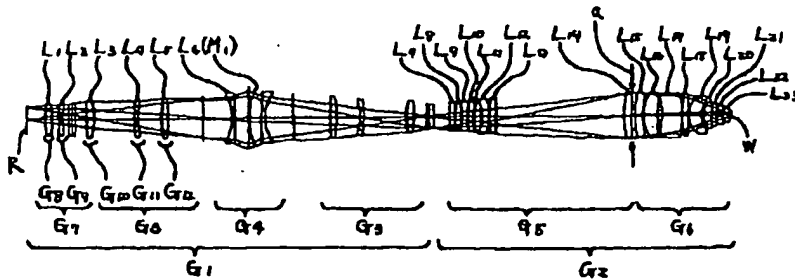
【図2】



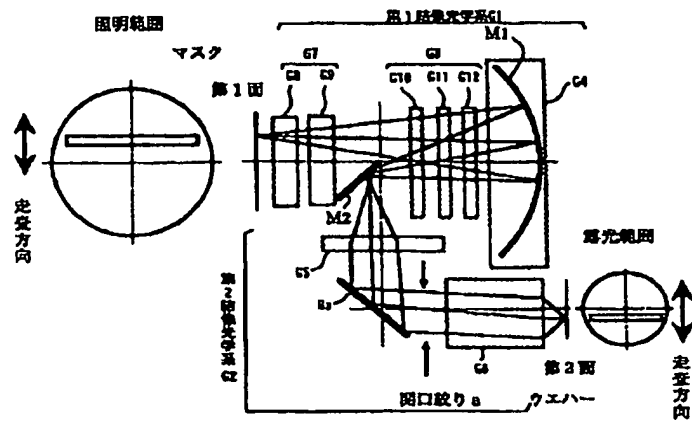
【図8】



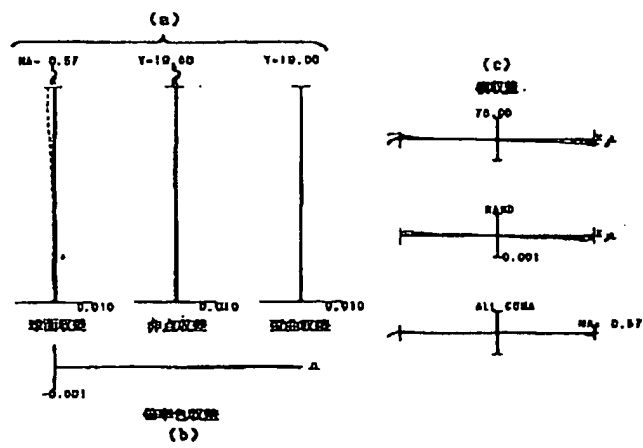
【図4】



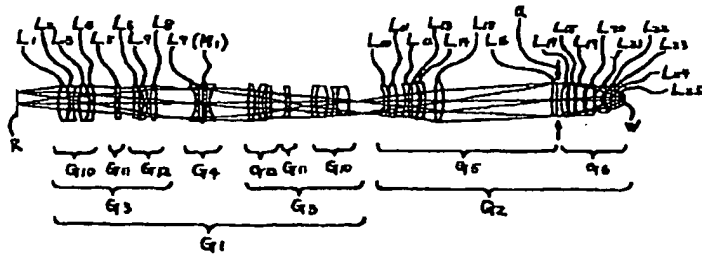
【図3】



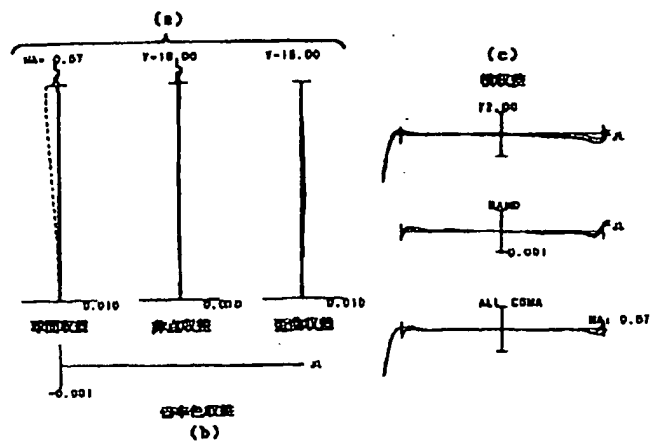
【図5】



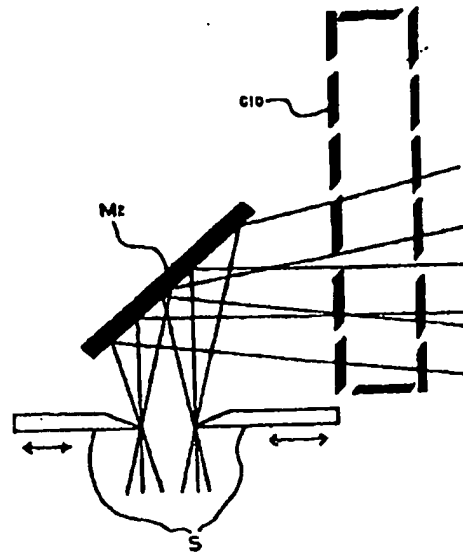
【図6】



【図7】



【図9】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成14年5月22日(2002.5.22)

【公開番号】特開平8-334695
 【公開日】平成8年12月17日(1996.12.17)
 【年通号数】公開特許公報8-3347
 【出願番号】特願平8-30978
 【国際特許分類第7版】

G02B 17/08
 [F1]
 G02B 17/08 A

【手続補正書】

【提出日】平成14年2月18日(2002.2.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】第1面の中間像を形成する第1結像光学系と、
 前記中間像の像を第2面上に形成する第2結像光学系と、
 前記第1結像光学系から前記第2結像光学系へ到る光路中に配置され、前記第1結像光学系からの光を前記第2結像光学系へ導く第1光路偏向部材とを有し、
 前記第1結像光学系は、少なくとも、全体として正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、凹面鏡及び前記第1面側に凹面を向けた負レンズ成分とを有する第4レンズ群G4とを有し、
 前記第3レンズ群G3は、少なくとも、前記第1面側から順に、正の屈折力を有する第10レンズ群G10と、負の屈折力を有する第11レンズ群G11と、正の屈折力を有する第12レンズ群G12とを含み、
 かつ前記第1面からの光を、前記第10レンズ群G10、前記第11レンズ群G11、前記第12レンズ群G12、前記第4レンズ群G4、前記第12レンズ群G12、前記第11レンズ群G11、前記第10レンズ群G10の順に導き、
 前記第1結像光学系と前記第2結像光学系との合成倍率は縮小倍率であることを特徴とする反射屈折光学系。
 【請求項2】前記第2結像光学系は縮小倍率を有することを特徴とした請求項1記載の反射屈折光学系。
 【請求項3】前記第1光路偏向部材を前記第1面と前記第3レンズ群G3との間の光路中であって、前記第3レンズ群G3の光軸からそれた位置に配置することを特徴とする請求項1又2記載の反射屈折光学系。

【請求項4】前記第2結像光学系は、正屈折力の第5レンズ群G5と、正屈折力の第6レンズ群G6とを有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項5】前記第5レンズ群G5と前記第6レンズ群G6との間の光路中に開口絞りを配置することを特徴とする請求項4記載の反射屈折光学系。

【請求項6】前記第1結像光学系は、前記第1面と前記第3レンズ群G3との間の光路中に配置された第7レンズ群G7を有し、
 該第7レンズ群G7は、前記第1面側から順に、正屈折力の前群と負屈折力の後群とを有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項7】前記第1光路偏向部材を前記第3レンズ群G3と前記第7レンズ群G7との間の光路中であって、前記第7レンズ群G7の光軸からそれた位置に配置することを特徴とする請求項6に記載の反射屈折光学系。

【請求項8】前記第1面上の物体の高さをY0とし、前記第1結像光学系によって結像される前記中間像の像高をY1とするとき、

$$0.4 < |Y0/Y1| < 1.2$$

を満足することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項9】前記第2結像光学系を構成する光学材料は、互いに分散値の異なる少なくとも二種類の光学材料であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項10】前記第2結像光学系中の前記第5レンズ群G5は、高分散ガラスから構成される負レンズ成分と、低分散ガラスから構成される正レンズ成分とを含み、前記第2結像光学系中の前記第6レンズ群G6は、低分散ガラスから構成される正レンズ成分を含むことを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項11】前記第1面と前記第2面とを平行にする

ために、前記第1面と前記第1結像光学系中の前記第3レンズ群G3との間に前記第1面からの光を偏向させる第2光路偏向部材を配置することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項12】前記第1面の法線と前記第2面の法線とが重力方向に対して直角をなすように前記第1面及び前記第2面を配置することを特徴とする請求項11記載の反射屈折光学系。

【請求項13】前記第1面と前記第2面との配置を平行にするために、第1光路偏向部材と前記第2結像光学系中の前記第6レンズ群G6の間に、前記第1光路偏向部材を経由した光を偏向させる第3光路偏向部材を配置することを特徴とする請求項1乃至請求項12のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項14】前記第1面と前記第2面とを水平に配置し、且つ前記第1面を前記第2面よりも上方に配置することを特徴とする請求項13記載の反射屈折光学系。

【請求項15】前記第1結像光学系と前記第2結像光学系との間に形成される中間像の位置に、前記第2面上の像形成領域の大きさが可変となる視野絞りを設けることを特徴とする請求項1乃至14のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項16】前記第1結像光学系中の前記凹面鏡付近の光路中又は前記第2結像光学系の光路中に、焦点深度を深くするフィルターを設けることを特徴とする請求項1乃至15のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項17】前記第1結像光学系中の前記凹面鏡の付近の光路中又は前記第2結像光学系の光路中に、開口絞りを配置することを特徴とする請求項1乃至15のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。

【請求項18】レチクルに形成されたパターンを投影光学系を介して感光物が塗布された基板上に投影露光する投影露光装置において、前記投影光学系が請求項1乃至請求項17のいずれか一項に記載の反射屈折光学系であることを特徴とする投影露光装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】次に、本発明の反射屈折光学系の数値実施例を説明する。以下の数値実施例においては、レンズ配置を図4及び図6に示すように、展開光路図で表す。展開光路図においては、反射面は透過面として表され、レチクルRからの光が通過する順に各光学要素が配列される。また、凹面反射鏡の反射面では、平面の仮想面を使用している。そして、レンズの形状及び間隔を表すために、例えば図4に示すように、レチクルRのパターン面を第0面として、レチクルRから射出された光がウェハ

ーWに達するまでに通過する面を順次第*i*面($i=1, 2, \dots$)としている。ここで、第*i*面の曲率半径 r_i の符号は展開光路図の中でレチクルRに対して凸面を向ける場合を正にとる。また、第*i*面と第($i+1$)面との面間隔を d_i とする。また、硝材として、 Si-O_2 は熔融石英を表し、 CaF_2 は蛍石を表す。熔融石英及び蛍石の使用基準波長(193.0nm)に対する屈折率は次のとおりである。

熔融石英: 1.56019

蛍石: 1.50138

また、分散値 $1/\nu$ は、次の通りである。

合成石英: 1780

蛍石: 2550

但し、実施例中での分散値は、使用基準波長(193.0nm)に対する $\pm 0.1\text{nm}$ の分散値である。

【第1実施例】

図4を参照して本発明による第1実施例を説明する。図4は第1実施例における反射屈折光学系の展開光路図である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正内容】

【0044】図4に示す各レンズ群のレンズ構成について説明すると、第7レンズ群G7は、レチクルR側から順に、第8レンズ群G8である両凸形状の正レンズL1と第9レンズ群G9である両凹形状の負レンズL2とから構成される。第7レンズ群G7に続いて配置される第3レンズ群G3は、第10レンズ群G10である両凸形状の正レンズL3と、第11レンズ群G11であるレチクルR側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL4と、第12レンズ群G12である両凸形状の正レンズL5とから構成される。更に、第3レンズ群G3に続いて配置される第4レンズ群G4は、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL6と凹面鏡M1とから構成される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】なお、表1に示す本実施例においては、光路折曲げミラーM2は、第7面と第28面とに位置する。また、表1では、凹面鏡M1は第18面に相当する。本実施例中において第17面(仮想面)と第18面とを反射面(屈折率 $=-1$)とすることで、図4に示す展開光路図を作成可能とした。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正内容】

【0050】

【表1】

d0 = 100.000

r	d	硝材
1	608.570	40.000 CaF ₂
2	-535.784	35.737
3	-767.542	15.000 SiO ₂
4	583.270	35.000
5	0.000	20.000 仮想面
6	0.000	15.000 仮想面
7	0.000	67.394 仮想面
8	1932.142	40.000 CaF ₂
9	-501.972	223.395
10	2599.069	15.000 SiO ₂
11	491.076	123.036
12	883.255	30.000 SiO ₂
13	-2160.911	187.657
14	0.000	160.860 仮想面
15	-281.482	15.000 SiO ₂
16	-3684.750	70.000
17	0.000	0.000 仮想面
18	441.367	70.000 凹面鏡 M1に相当
19	3684.750	15.000 SiO ₂
20	281.483	160.860
21	0.000	187.657 仮想面
22	2160.911	30.000 SiO ₂
23	-883.255	123.036
24	-491.076	15.000 SiO ₂
25	-2599.068	223.395
26	501.972	40.000 CaF ₂
27	-1932.142	67.394
28	0.000	15.000 仮想面
29	0.000	20.000 仮想面
30	0.000	80.000 仮想面
31	3884.731	30.000 SiO ₂
32	-1381.698	0.100
33	391.241	30.000 CaF ₂
34	-352.648	5.000
35	-340.120	24.000 SiO ₂
36	348.160	11.200
37	6861.792	24.000 SiO ₂
38	490.913	10.907
39	865.932	30.000 CaF ₂
40	-440.248	3.766
41	-326.951	35.000 SiO ₂
42	-669.448	0.100
43	490.606	35.000 CaF ₂

44	-3123.854	672.921
45	681.761	40.000 SiO ₂
46	-8251.041	8.000
47	0.000	8.000 開口絞り a
48	596.576	45.000 SiO ₂
49	664.912	1.260
50	276.060	72.842 CaF ₂
51	12512.845	18.900
52	-523.686	106.927 SiO ₂
53	-728.219	0.513
54	704.707	33.464 CaF ₂
55	-2768.356	0.367
56	154.151	69.820 SiO ₂
57	131.256	12.825
58	148.970	44.938 SiO ₂
59	1416.567	4.200
60	-1306.088	22.680 SiO ₂
61	6140.209	1.920
62	1077.774	30.410 SiO ₂
63	604.397	2.252
64	326.875	29.808 SiO ₂
65	5403.630	15.000

条件対応値を以下に示す。

(1) $|Y0/Y1| = 0.97$

(2) $|\beta| = 0.25$

(3) $P4 = -0.00689$

(4) $P3 + P5 + P6 + P7 = 0.00608$

(5) $|P3 + P4 + P5 + P6 + P7| = -0.00081$

(6) $|P1 + P2| = 0.00000$

図5(a)は第1実施例の縦収差図であり、図5(b)は第1実施例の倍率色収差図、図5(c)は第1実施例の横収差図である。各収差図において、NAは開口数を表し、Yは像高を表す。また、符号J、P及びQは、波長がそれぞれ193.0nm、192.9nm及び193.1nmであることを示す。そして、図5(a)において、球面収差中において、破線は正弦条件違反量を表し、非点収差中においては、破線はメリジオナル像面、実線はサジタル像面をそれぞれ表す。図5(c)に示す横収差図において、各コマ収差図中の上部に記載される数字は、物体高を表し、特に、RANDは物体高0のときを表している。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正内容】

【0051】図5(a)～(c)に示す諸収差図より、本実施例では、0.57という大きな開口数NAでありながら、広い領域において諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、図5(a)～(c)に示す諸収差図よ

り、本実施例では、波長幅0.1nmの範囲において軸上及び倍率の色収差も良好に補正されていることが分かる。

【第2実施例】

図6を参照して本発明による第2実施例を説明する。図6は第2実施例による反射屈折光学系の展開光路図である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正内容】

【0052】図6に示す各レンズ群のレンズ構成について説明すると、レチクルR側から順に、第10レンズ群G10、第11レンズ群G11、第12レンズ群G12から構成される。ここで、第10レンズ群G10は、両凸形状の正レンズL1と、両凹形状の負レンズL2と、両凸形状の正レンズL3と、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL4から構成される。また、第11レンズ群G11は、レチクルR側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL5である。第12レンズ群G12は、両凸形状の正レンズL6と、レチクルR側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL7と、両凸形状の正レンズL8とから構成される。更に、第3レンズ群G3に続いて配置される第4レンズ群G4は、負レンズL9と凹面鏡M1とから構成される。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正内容】

【0058】なお、表2では、凹面鏡M1は第20面に相当する。本実施例中において第19面（仮想面）と第20面とを反射面（屈折率=-1）とすることで、図6に示す展開光路図を作成可能とした。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正内容】

【0057】

【表2】

d0 = 218.470

r	d	n	
1	269.428	60.000	CaF2
2	-309.838	5.000	
3	-287.784	15.000	SiO2
4	298.252	31.810	
5	319.859	60.000	CaF2
6	-267.967	4.500	

7	-273.316	20.000	SiO2	
8	-714.458	113.482		
9	1247.366	16.200	SiO2	
10	358.307	83.901		
11	1886.366	25.920	CaF2	
12	-409.348	19.000		
13	-191.202	20.000	SiO2	
14	-460.687	15.474		
15	402.149	33.000	SiO2	
16	-903.948	201.807		
17	-197.350	15.000	SiO2	
18	231563.902	20.000		
19	0.000	0.000	仮想面	
20	314.319	20.000	凹面鏡	M1に相当
21	231563.902	15.000	SiO2	
22	197.350	201.807		
23	903.948	33.000	SiO2	
24	-402.149	15.474		
25	460.687	20.000	SiO2	
26	191.202	19.000		
27	409.348	25.920	CaF2	
28	1886.369	83.901		
29	-358.307	16.200	SiO2	
30	-1247.366	113.482		
31	714.458	20.000	SiO2	
32	273.316	4.500		
33	267.967	60.000	CaF2	
34	-319.859	31.810		
35	-298.252	15.000	SiO2	
36	287.784	5.000		
37	309.838	60.000	CaF2	
38	-269.428	183.470		
39	-227.267	20.000	CaF2	
40	-391.496	3.645		
41	617.033	45.000	SiO2	
42	-292.147	46.222		
43	-259.118	15.000	SiO2	
44	408.199	18.785		
45	1461.463	45.000	CaF2	
46	-250.187	7.000		
47	-223.680	18.000	SiO2	
48	-526.047	56.717		
49	936.544	45.000	CaF2	
50	406.507	590.310		
51	795.462	29.000	SiO2	
52	-1984.285	10.000		
53	0.000	10.000	開口絞り	a
54	230.009	32.805	SiO2	
55	1447.955	5.000		
56	613.320	35.000	CaF2	

57	-1494.241	7.137	
58	-694.448	40.000	SiO ₂
59	478.128	5.000	
60	372.847	48.067	CaF ₂
61	2287.239	0.100	
62	100.159	42.562	SiO ₂
63	80.943	9.000	
64	86.320	28.964	SiO ₂
65	1884.561	4.000	
66	-401.131	17.580	SiO ₂
67	-2761.121	0.100	
68	508.419	21.383	SiO ₂
69	-577.558	0.100	
70	647.419	15.000	SiO ₂
71	3939.247	15.000	

条件対応値を以下に示す。

- (1) $|Y_0/Y_1| = 0.97$
- (2) $|\beta| = 0.25$
- (3) $P_4 = -0.01$
- (4) $P_3 + P_5 + P_6 + P_7 = 0.00855$
- (5) $|P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7| = -0.00145$
- (6) $|P_1 + P_2| = 0.00001$

図7(a)は第2実施例の縦収差図であり、図7(b)は第

2実施例の倍率色収差図、図7(c)は第2実施例の横収差図である。各収差図中において、NAは開口数を表し、Yは像高を表す。また、符号J、P及びQは、波長がそれぞれ193.0nm、192.9nm及び193.1nmであることを示す。そして、図7(a)において、球面収差中において、破線は正弦条件違反量を表し、非点収差中においては、破線はメリジオナル像面、実線はサジタル像面をそれぞれ表す。図7(c)に示す横収差図において、各コマ収差図中の上部に記載される数字は物体高を表し、特に、RANDは物体高0のときを表している。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正内容】

【0058】図7(a)～(c)に示す諸収差図より、本実施例では、0.57という大きな開口数NAでありながら、広い領域において諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、図7(a)～(c)に示す諸収差図より、本実施例では、波長幅0.1nmの範囲において軸上及び倍率の色収差も良好に補正されていることが分かる。

*** NOTICES ***

JPO and NCIPF are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st image formation optical system which forms the middle image of the 1st page, and the 2nd image formation optical system which forms the image of said middle image on the 2nd page, It is arranged in the optical path in which it results from said 1st image formation optical system to said 2nd image formation optical system, and has the optical-path deviation member which leads the light from said 1st image formation optical system to said 2nd image formation optical system. Said 1st image formation optical system The 4th lens group G4 which has 3rd lens group G3 which has forward refractive power at least as a whole, and a concave mirror and the negative lens component which turned the concave surface to said 1st page side, The 10th lens group G10 in which it **** and said 3rd lens group G3 has forward refractive power sequentially from said 1st page side at least, The 11th lens group G11 which has negative refractive power, and the 12th lens group G12 which has forward refractive power, An implication and said light from the 1st page are drawn in order of said 10th lens group G10, said 11th lens group G11, said 12th lens group G12, said 4th lens group G4, said 12th lens group G12, said 11th lens group G11, and said 10th lens group G10. The synthetic scale factor of said 1st image formation optical system and said 2nd image formation optical system is cata-dioptric system characterized by being a contraction scale factor.

[Claim 2] It is the cata-dioptric system according to claim 1 which said 1st image formation optical system has a contraction scale factor, and was characterized by said 2nd image formation optical system having a contraction scale factor.

[Claim 3] Said 2nd image formation optical system is cata-dioptric system according to claim 1 or 2 characterized by having the 5th lens group G5 of forward refractive power, and the 6th lens group G6 of forward refractive power.

[Claim 4] Cata-dioptric system according to claim 3 characterized by arranging an aperture diaphragm into the optical path between said 5th lens groups G5 and said 6th lens groups G6.

[Claim 5] It is cata-dioptric system given in claim 1 characterized by for said 1st image formation optical system having the 7th lens group G7 arranged in the optical path between said 1st page and said 3rd lens group G3, and this 7th lens group G7 having the pre-group of forward refractive power, and the back group of negative refractive power sequentially from said 1st page side thru/or any 1 term of 4.

[Claim 6] Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by satisfying $0.4 < |Y0/Y1| < 1.2$ when setting to Y the image quantity of said middle image in which sets the height of the body on said 1st page to Y0, and image formation is carried out by said 1st image formation optical system thru/or any 1 term of 5.

[Claim 7] The optical material which constitutes said 2nd image formation optical system is cata-dioptric system given in claim 1 characterized by being at least two kinds of optical materials with which variances differ mutually thru/or any 1 term of 5.

[Claim 8] For said 6th lens group G6 in said 2nd image formation optical system, said 5th lens group G5 in said 2nd image formation optical system is claim 1 characterized by including the positive lens component which consists of low distribution glass thru/or any 1 term of 5, or cata-dioptric system according to claim 7 including the negative lens component which consists of high distribution glass, and the positive lens component which consists of low distribution glass.

[Claim 9] Claim 1 characterized by arranging the 2nd optical-path deviation member which deflects said light from the 1st page between said 1st page and said 3rd lens group G3 in said 1st image formation optical system in order to make parallel said 1st page and said 2nd page thru/or cata-dioptric system of eight given in any 1

term.

[Claim 10] Cata-dioptric system according to claim 9 characterized by having arranged so that said normal of the 1st page and said normal of the 2nd page may make a right angle to the gravity direction.

[Claim 11] Cata-dioptric system of claim 1 characterized by arranging an optical-path deviation member between said 5th lens group G5 in said 2nd image formation optical system, and said 6th lens group G6 in order to carry out said arrangement with the 1st page and said 2nd page to parallel thru/or claim 8 given in any 1 term

[Claim 12] Cata-dioptric system according to claim 12 characterized by said 1st page and said thing [having arranged the 2nd page horizontally and having arranged said 1st page more nearly up than said 2nd page].

[Claim 13] Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by preparing the field diaphragm from which the image formation area size on said 2nd page serves as adjustable in the location of the middle image formed between said 1st image formation optical system and said 2nd image formation optical system thru/or any 1 term of 12.

[Claim 14] Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by preparing a special filter near said concave mirror in said 1st image formation optical system, or into the optical path of said 2nd image formation optical system thru/or any 1 term of 13.

[Claim 15] Cata-dioptric system according to claim 14 characterized by arranging an aperture diaphragm near said concave mirror in the optical path of said 2nd image formation optical system, or said 1st image formation optical system.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention] This invention relates to the projection optics of projection aligners, such as a stepper used in case a semiconductor device or a liquid crystal display component is manufactured at a photolithography process. Especially this invention relates to the reflective refraction projection optics which used the reflective system as an element of optical system.

[0002]

[Description of the Prior Art] In case a semiconductor device or a liquid crystal display component is manufactured at a photolithography process, the pattern images (or photo mask etc.) of a reticle are reduced to about 1 / four to 1/5 through projection optics, and the projection aligner exposed on the wafers (or glass plate etc.) with which the photoresist etc. was applied is used. As a projection aligner, an one-shot exposure method mainly like a stepper was used conventionally.

[0003] In recent years, as for the aligner which has made it detailed increasingly and can be burned in these patterns, manufacture of a semi-conductor and manufacture of a semiconductor chip mounting substrate require what has more high resolution. In order to satisfy this demand, wavelength (exposure wavelength) of the light source for exposure must be short-wavelength-ized, or numerical aperture NA of projection optics must be enlarged. However, since it is absorption of the illumination light when exposure wavelength becomes short, the optical glass which is equal to practical use is restricted, and it is difficult to constitute projection optics or from refractive media. If wavelength is especially set to 300nm or less, the ** material which can be used practically will become only synthetic quartz and a fluoride.

[0004] On the other hand, although to constitute projection optics only from a reflective system is also tried, projection optics is enlarged in this case, and aspheric surface-ization of a reflector is needed. However, it is very difficult to manufacture the highly precise large-scale aspheric surface. Then, the technique which constitutes projection optics from so-called cata-dioptric system which combined the refractive media which consist of optical glass which bears a reflective system and the exposure wavelength used is proposed various

[0005] The cata-dioptric system which projects the image of a reticle under a predetermined contraction scale factor as the example combining the optical system and dioptric system containing one concave mirror is indicated by for example, a U.S. Pat. No. 4,779,966 official report and JP,4-234722,A. The cata-dioptric system indicated by the above-mentioned U.S. Pat. No. 4,779,966 official report consists of dioptric system and cata-dioptric system to which re-image formation of the middle image by this dioptric system is carried out from the body side at order.

[0006] Moreover, the optical system indicated by JP,4-234722,A consists of cata-dioptric system of a perfect symmetry mold, and dioptric system to which re-image formation of the middle image by this cata-dioptric system is carried out under a contraction scale factor from the body side at order.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the cata-dioptric system indicated by the above-mentioned U.S. Pat. No. 4,779,966 official report and JP,4-234722,A, only the lens component of negative refractive power was used as a dioptrics member in the cata-dioptric system containing a concave mirror. Therefore, sake [for which the diameter of the flux of light of the flux of light attained from a body (middle image) to a concave mirror is being expanded steadily], it was difficult to attain the miniaturization of the aperture of the concave mirror

itself.

[0008] If it considers raising the numerical aperture by the side of an image in the cata-dioptric system indicated by especially the above-mentioned U.S. Pat. No. 4,779,966 official report in addition to an above-mentioned trouble, the numerical aperture of the optical system near an image side must be raised. At this time, in order to make the path of the flux of light which carries out incidence expand to the concave mirror in the cata-dioptric system arranged at an image side, there is a trouble which the aperture of this concave mirror enlarges. Furthermore, in the cata-dioptric system indicated by the U.S. Pat. No. 4,779,966 official report, since the optical path to [relation / of a contraction scale factor] a wafer from the lieberkuhn M2 was not able to take for a long time, the lens number of sheets of the dioptric lens arranged in this optical path could not be made [many], but there was un-arranging [that sufficient image formation engine performance was hard to be obtained]. Moreover, for this reason, there was un-arranging [that a long distance of the end face of the optical element by the side of a wafer and a wafer, i.e., the working distance by the side of a wafer, (working distance could not be taken most)].

[0009] Moreover, although the optical system to which an outward trip and a return trip are made to serve a double purpose makes light the aberration amendment burden of the dioptric system which constitutes the optical system of a perfect symmetry mold, suppresses aberration generating by the optical system there as much as possible, and follows in the cata-dioptric system indicated by JP,4-234722,A, since symmetry mold optical system was constituted, there was un-arranging [that the long working distance (working distance) near the 1st page could not be taken].

[0010] It aims at attaining minor diameter-ization of the aperture of a concave mirror, without this invention degrading the engine performance of optical system in view of the above thing. Furthermore, attaining minor diameter-ization of the aperture of a concave mirror, it fully secures the working distance and this invention sets it as the 2nd purpose to realize high numerical aperture.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The 1st image formation optical system which forms the middle image of the 1st page in this invention in order to attain the above-mentioned purpose, It is arranged in the optical path in which it results to said 2nd image formation optical system from the 2nd image formation optical system which forms the image of said middle image on the 2nd page, and said 1st image formation optical system. It has the optical-path deviation member which leads the light from said 1st image formation optical system to said 2nd image formation optical system. Said 1st image formation optical system The 4th lens group G4 which has 3rd lens group G3 which has forward refractive power at least as a whole, and a concave mirror and the negative lens component which turned the concave surface to said 1st page side, The 10th lens group G10 in which it **** and said 3rd lens group G3 has forward refractive power sequentially from said 1st page side at least, The 11th lens group G11 which has negative refractive power, and the 12th lens group G12 which has forward refractive power, An implication and said light from the 1st page are drawn in order of said 10th lens group G10, said 11th lens group G11, said 12th lens group G12, said 4th lens group G4, said 12th lens group G12, said 11th lens group G11, and said 10th lens group G10. The synthetic scale factor of said 1st image formation optical system and said 2nd image formation optical system offers the cata-dioptric system which is a contraction scale factor.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Since 3rd lens group G3 arranged at a before [a concave mirror] side has forward refractive power according to this invention like an above-mentioned configuration, a convergence operation is exerted on the flux of light emitted from the 1st page, and the flux of light which carries out incidence to the 4th lens group G4 is narrowed down. Thereby, as for the concave mirror in the 4th lens group G4, a miniaturization is attained. Moreover, many aberration can be amended good by constituting 3rd lens group G3 with the 10th lens group G10 of forward refractive power, the 11th lens group G11 of negative refractive power, and the 12th lens group G12 of forward refractive power. Furthermore, it is also possible to shorten the die length of the 1st image formation optical system by this above-mentioned configuration.

[0013] Moreover, in this invention, by the above-mentioned configuration, since the working distance near the 1st page can be enlarged, insertion of an optical-path deviation member is attained easily. Here, as for an optical-path deviation member, it is desirable to have only the function which only bends an optical path. Since it is not necessary to give the function of such an optical-path deviation member, then the optical-path deviation

member which separates the flux of light like a beam splitter, it becomes possible to suppress quantity of light loss to about 0%, and the advantage which generating of a flare can also do very few arises. In an optical-path deviation member only with the function which only bends an optical path, neither generating of the aberration by the heterogeneity of the property of the optical parting plane of the beam splitter generated when using a beam splitter, nor generating of the aberration by the property of an optical parting plane changing with heat absorption is produced.

[0014] It is still more desirable to arrange here near [in which the 1st image formation optical system forms an optical-path deviation member] the middle image. By this configuration, effect of the eccentric error at the time of bending an optical path can be lessened very much. For example, although the eccentricity of the 2nd image formation optical system over the 1st image formation optical system will be caused when the angle error has arisen in the optical-path deviation member, it becomes, because the image formed on the 2nd page shifts to the 1st page as this result, and the effect to the image formation engine performance is hardly produced.

[0015] In this invention, since it is the configuration which does not have a concave mirror in the 2nd image formation optical system, the basis of high numerical aperture can also fully secure the working distance by the side of an image. Moreover, in this invention, the 2nd image formation optical system has the desirable configuration which has the 5th lens group G5 of forward refractive power, and the 6th lens group G6 of forward refractive power. And in this invention, it is desirable to take the configuration which arranges an aperture diaphragm in the optical path between these 5th lens groups G5 and 6th lens groups G6. An adjustable aperture diaphragm, then a coherence factor (sigma value) can be adjusted for this aperture diaphragm.

[0016] Here, in JP,62-50811,B, the phase shift method which shifts the phase of the predetermined part in the pattern of a reticle from other parts is proposed as the one technique of making the depth of focus deep and raising resolving power. In this invention, since it is possible to adjust a coherence factor (sigma value), there is an advantage which can improve the effectiveness of this phase shift method further.

[0017] In this invention, said 1st image formation optical system has a contraction scale factor, and, as for said 2nd image formation optical system, it is desirable to have a contraction scale factor. Arrangement of such refractive power can constitute optical system reasonable. Moreover, as for the 1st image formation optical system, in this invention, it is desirable to be constituted so that it may have the 7th lens group G7 arranged in the optical path between the 1st page and 3rd lens group G3. This 7th lens group G7 has the function which amends the unsymmetrical aberration which cannot be amended especially distortion aberration, and the chromatic aberration of magnification good in the 1st image formation optical system and the 2nd image formation optical system. And as for this 7th lens group G7, it is desirable to be constituted sequentially from the 1st page side, so that it may have the pre-group of forward refractive power and the back group of negative refractive power. Telecentric nature is maintainable good with this configuration, attaining minor diameter-ization as the 7th lens group G7 whole.

[0018] As for the optical material which constitutes the 2nd image formation optical system, in this invention, it is desirable that they are at least two kinds of optical materials with which variances differ mutually. Thereby, the amendment effectiveness of chromatic aberration can be improved. Moreover, in this invention, said 5th lens group G5 in the 2nd image formation optical system is constituted so that the negative lens component which consists of high distribution glass, and the positive lens component which consists of low distribution glass may be included, and as for said 6th lens group G6 in the 2nd image formation optical system, it is desirable [the group] to be constituted so that the positive lens component which consists of low distribution glass may be included. By this configuration, there is an advantage which can improve the amendment effectiveness of chromatic aberration further.

[0019] Furthermore, it is desirable that it is satisfied with this invention of the following conditions.

$$0.4 < |Y0/Y1| < 1.2 \quad (1)$$

Here, Y0 is the height of the body on the 1st page, and Y1 is the height of said middle image in which image formation is carried out by said 1st image formation optical system. By considering as the above condition range, it becomes possible to constitute optical system reasonable. If a minimum is exceeded, the contraction scale factor of the 1st image formation optical system will become large, and wide range exposure will become difficult. Moreover, when an upper limit is exceeded, the contraction scale factor of the 1st group becomes small, and it will separate from the purpose of this invention of miniaturizing a concave mirror. In addition, if a minimum is set to 0.6 and an upper limit is set to 1.0, a still better result will be obtained.

[0020] Furthermore, it is desirable that it is satisfied with this invention of the following conditions.

$$1/10 < |\beta| < 1/2 \quad (2)$$

Here, β is the whole scale factor. considering as the above condition range -- said conditions (1) -- it becomes similarly possible to constitute optical system reasonable. If a minimum is exceeded, a contraction scale factor will become large and wide range exposure will become difficult. If an upper limit is exceeded, the contraction scale factor of optical system will become small, and it will become impossible moreover, to call it a contraction projection aligner. Here, if a minimum is set to one eighth, a still better result will be obtained.

[0021] Moreover, as for this invention, it is desirable to fulfill the following conditions.

$$P_4 < 0 \quad (3)$$

Here, P_4 is the PETTSU bar sum of the 4th lens group G_4 . If conditions (3) are not satisfied, since the flux of light injected to the flux of light which carries out incidence to the 4th lens group G_4 becomes large and each lens of 3rd lens group G_3 will come to be enlarged, it is not desirable. Furthermore, the PETTSU bar sum of the cata-dioptric system itself becomes large, and since the image surface becomes less flat, it is not desirable.

[0022] Furthermore, as for this invention, it is desirable to fulfill the following conditions.

$$P_3 + P_5 + P_6 + P_7 < 0 \quad (4)$$

P_3 is the PETTSU bar sum of 3rd lens group G_3 , P_5 is the PETTSU bar sum of the 5th lens group G_5 here, P_6 is the PETTSU bar sum of the 6th lens group G_6 , and P_7 is the PETTSU bar sum of the 7th lens group G_7 .

Since the scale factor of the whole cata-dioptric system becomes large and a suitable contraction scale factor is no longer obtained unless it satisfies conditions (4), it is not desirable.

[0023] Furthermore, as for this invention, it is desirable to fulfill the following conditions.

$$|P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7| < 0 \quad (5)$$

The above-mentioned conditions are related with the PETTSU bar sum of all the components of optical system. If conditions (5) are not satisfied, since the image surface will come to curve to a plus side and the surface smoothness in the image surface will be lost, it is not desirable.

[0024] And as for this invention, it is desirable to fulfill the following conditions.

$$|P_1 + P_2| < 0 \quad (6)$$

P_1 is the PETTSU bar sum of each element at the time of a beam of light penetrating the 1st image formation optical system here, and P_2 is the PETTSU bar sum of the 2nd image formation optical system. P_1 and P_2 can be expressed as $P_1 = (2 \times P_3) + P_4 + P_7$, $P_2 = P_5 + P_6$. If conditions (6) are not satisfied, since the surface smoothness of the image surface will be lost, it is not desirable.

[0025]

[Example] Hereafter, the example of the cata-dioptric system by this invention is explained with reference to a drawing. Each example explained below applies this invention to the projection optics of the aligner which imprints the image of the pattern formed on the reticle on the wafer with which it was applied to the resist.

[0026] First, with reference to drawing 1, the rough configuration of the cata-dioptric system by this invention is explained. In drawing 1 the height from an optical axis by Y_0 the flux of light from the reticle R on the 1st page After passing 3rd lens group G_3 containing the 10th lens group G_{10} which has forward refractive power, the 11th lens group G_{11} which has negative refractive power, and the 12th lens group G_{12} which has forward refractive power The 4th lens group G_4 which has a concave mirror M_1 and the meniscus component which turned the concave surface to said 1st page side is reached. Although the 1st image formation optical system G is constituted from above-mentioned 3rd lens group G_3 and the above-mentioned 4th lens group G_4 in the 2nd example, in the 1st example, the 7th lens group G_7 which consists of an 8th lens group G_8 which has forward refractive power between the reticle R on the 1st page and 3rd lens group G_3 , and a 9th lens group G_9 which has negative refractive power exists.

[0027] Here, the flux of light which passed 3rd lens group G_3 reaches the 4th lens group G_4 . The flux of light which reached this 4th lens group G_4 is the concave mirror M_1 in the 4th lens group G_4 . It is reflected, 3rd lens group G_3 is passed again, and it is the optical-path folding mirror M_2 as an optical-path deviation member. It goes. This optical-path folding mirror M_2 It is installed at 45 degrees to the optical axis of the 1st image formation optical system G_1 and the 2nd image formation optical system G_2 . And the flux of light from the 1st image formation optical system G_1 turns into the convergence flux of light, and is the optical-path folding mirror M_2 . The middle image of Reticle R is formed in near in the height of Y_1 . Next, optical-path folding mirror M_2 The reflected flux of light forms the secondary image (image of a middle image) of Reticle R on the

wafer W on the 2nd page through the 5th lens group G5 and the 6th lens group G6 which constitute the 2nd image formation optical system G2 in order. Here, aperture-diaphragm a is arranged between the 5th lens group G5 and the 6th lens group G6.

[0028] Moreover, drawing 2 is drawing showing another arrangement of the cata-dioptric system by this invention. In addition, in drawing 2, the same sign is given to the member which has the same function as drawing 1 R> 1. The point that the examples of drawing 1 differ in drawing 2 is the optical-path folding mirror M0 as an optical-path deviation member in the optical path between the 1st page and 3rd lens group G3. It is the arranged point. Here, it is the optical-path folding mirror M0. It is installed at 45 degrees to the optical axis of 3rd lens group G3, and is the optical-path folding mirror M2. It receives, and is intersected perpendicularly and prepared. By this configuration, it is the 1st image formation optical system G1. And optical-path folding mirror M2 Since the minded flux of light serves as a travelling direction of the flux of light from the 1st page, and this direction, the 2nd page can be considered as parallel arrangement with the 1st page. There is an advantage from which the configuration of the device for holding the 1st page and the 2nd page, respectively, and making it scan by this configuration, respectively becomes easy.

[0029] In addition, it sets to drawing 2 and is the optical-path folding mirror M0. Optical-path folding mirror M2 You may constitute from a member of one. Optical-path folding mirror M0 which intersects perpendicular mutually in this configuration A reflector and optical-path folding mirror M2 There is an advantage from which processing with a reflector becomes easy and maintenance of this include angle becomes easy. Moreover, when it constitutes in one, it is the optical-path folding mirror M0 and M2. A miniaturization can be attained and there is an advantage which can raise the degree of freedom of arrangement of a lens.

[0030] Moreover, drawing 3 is drawing showing still more nearly another arrangement of the cata-dioptric system by this invention. In addition, in drawing 3, the same sign is given to the member which has the same function as drawing 1. The point that the examples of drawing 1 differ in drawing 3 is the optical-path folding mirror M3 as an optical-path deviation member installed to the optical axis of the 5th lens group G5 at 45 (as opposed to the optical axis of the 6th lens group G6) degrees between the 5th lens group G5 in the 2nd image formation optical system, and the 6th lens group G6. It is the arranged point. Since the travelling direction of the flux of light which is injected from the lens group G22 by this configuration, and results in the 2nd page turns into the travelling direction of the flux of light and this direction which carry out incidence to the 1st image formation optical system from the 1st page, the 2nd page can be mutually considered as parallel arrangement with the 1st page. There is an advantage from which the configuration of the device for holding the 1st page and the 2nd page, respectively, and making it scan by this configuration, respectively becomes easy.

[0031] moreover -- the example of drawing 3 -- the 10th lens group G10 of the 1st image formation optical system G1 to optical-path folding mirror M2 The travelling direction of the going flux of light, and optical-path folding mirror M3 in the 2nd image formation optical system G2 from -- let mutually the travelling direction of the flux of light which goes to the 6th lens group G6 be hard flow -- as -- the optical-path folding mirror M2 and M3 Since it arranges, the cata-dioptric system itself can be constituted in a compact. Especially, according to this configuration, there is an advantage which can shorten spacing of the 1st page and the 2nd page, and miniaturization of the whole aligner can be attained. Furthermore, at the example of drawing 3, it is the optical path folding mirror M2. Since it can arrange near the middle image which the 1st image formation optical system forms, it is the optical-path folding mirror M2. A miniaturization can be realized and the degree of freedom of arrangement of optical system can be increased.

[0032] Furthermore, in the example shown in drawing 2, it is desirable to arrange so that the normal of the 1st page and the normal of the 2nd page may make a right angle to the gravity direction. Thus, when it arranges, they are the 1st page, the 2nd page, and the concave mirror M1 with which precision is demanded most. Since stops receiving the unsymmetrical deformation by gravity, it becomes advantageous in case projection exposure is carried out using a large-sized photo mask or a glass plate.

[0033] Moreover, in the example shown in drawing 3, if optical system is arranged so that the 2nd page may become horizontal, the 1st page and the optical element which receives unsymmetrical deformation will decrease with gravity. So, the 1st page and the 2nd page are horizontal, and it is desirable to arrange the 1st page so that it may become the upper part from the 2nd page. Especially except 5th lens group G5 in the 2nd image formation optical system, if it is such arrangement in order not to receive unsymmetrical deformation, it is very advantageous on optical-character ability. Here, it is a concave mirror M1. Being arranged horizontally

is effective especially.

[0034] Moreover, at each above-mentioned example, it is a concave mirror M1. It is possible to arrange an aperture diaphragm in the neighborhood of the 2nd image formation optical system (especially between the 5th lens group G5 and the 6th lens groups G6). Moreover, it is also possible at this time to make adjustable the sigma (sigma) value which is the ratio of the numerical aperture NA of an illumination-light study system and the numerical aperture NA of projection optics. In this example, especially the thing to arrange to the 2nd optical system from which mechanical interference cannot arise easily is desirable.

[0035] Moreover, it is possible by arranging various special filters to make the depth of focus deep instead of arranging an aperture diaphragm. It explains referring to drawing 8 which showed drawing of an example of a special filter. Each following numerical example -- a body side and an image side -- a TEREN cent -- being rucksack optical system, the chief ray from each point by the side of a body crosses at one point of an certain optical axis. A Fourier transform side, a call, and a special filter arrange the flat surface where a chief ray includes one point which crosses an optical axis in such a situation to this Fourier transform side. At each numerical example shown below, it is a concave mirror M1. It is possible to establish a Fourier transform side into the neighborhood of the 2nd image formation optical system. In respect of the Fourier transform, the degree of the diffracted light is decided by the specific location distant from the optical axis. A degree becomes high, so that it separates from an optical axis. General projection exposure optical system has taken in zero-order and the primary diffracted light. radius r_1 in which the component of zero-order light exists from this as shown in drawing 8 (a) and (b) Field FA and the radius r_1 near an optical axis to radius r_2 up to -- the field of a filter is divided into the field FB near [where primary light (and diffracted light of the degree beyond it) exists] the opening circumference.

[0036] The filter divided into concentric circular forms the polarization film so that the core field FA may penetrate only S polarization and the periphery field FB may penetrate only P polarization, as shown in drawing 8 (c). You may make it P polarization and the periphery field FB penetrate [the core field FA] only S polarization with a natural thing. Moreover, it is made for the refractive index of the core field FA to become lower than the refractive index of the periphery field FB at this time.

[0037] By the configuration shown above, the flux of light which penetrated the periphery field FB of a special filter performs the image formation usual in a focal plane. On the other hand, since the flux of light which penetrated the special center of filter section field FA has the low refractive index, a focus is connected to the location which keeps away from a lens from the usual focal plane. Here, since a polarization condition is different, each flux of light does not interfere in the flux of light which penetrated the periphery field FB, and the flux of light which penetrated the core field FA. This becomes possible to make the depth of focus deep. Moreover, as a technique which makes the depth of focus deep, there is a technique indicated by JP,61-91662,A, JP,5-234850,A, JP,6-120110,A, JP,6-124870,A, JP,7-57992,A, JP,7-57993,A, etc., and it can apply to this invention, respectively. Especially a technique such is effective when forming an isolated pattern.

[0038] Here, it is a concave mirror M1. When the special filter has been arranged near, it is possible to arrange an aperture diaphragm to the direction of the 2nd image formation optical system, and to change numerical aperture. Moreover, a special filter is arranged to the 2nd image formation optical system, and it is a concave mirror M1. It is also possible to arrange an aperture diaphragm near. Thus, it can dissociate into the same optical system, and the cata-dioptric system in this example can arrange an aperture diaphragm and a special filter, and is advantageous in a spacial configuration.

[0039] Moreover, this drawing can be used as a field diaphragm if a diaphragm is put on the location which forms a middle image. In the case of each example, it is possible to prepare a field diaphragm between the 1st image formation optical system and the 2nd image formation optical system. In the above-mentioned example, the location which can do a middle image serves as near the mirror so that it may be shown by drawing 3 from drawing 1 $R > 1$. For this reason, what is necessary is just to arrange a diaphragm near a mirror. As a configuration which arranges a diaphragm, there is an example shown in drawing 9, for example.

[0040] It is the optical-path bending mirror M2 like the example shown in drawing 9 when preparing a field diaphragm. It arranges so that it may become near the 10th lens group G10 of the 1st image formation optical system G1 if possible. Thereby, the field in which a middle image is formed is the optical-path bending mirror M2. It becomes the 5th lens group G5 twist in the 2nd image formation optical system from near. By considering as such arrangement, it is the optical-path bending mirror M2. Mechanical interference stops easily

the 10th lens group G10 and field-diaphragm function of the 1st image formation optical system G1 being able to take place. And field-diaphragm S is arranged to the field which forms a middle image. When field-diaphragm S moves, the range which can do a middle image changes. It will come to be alike, if the range in which an image is finally formed on the 2nd page by this changes

[0041] Moreover, the technique indicated by JP,57-192024,A, JP,60-30132,A, JP,60-45252,A, JP,62-124845, the U.S. Pat. No. 4,473,293 official report, the U.S. Pat. No. 4,474,463 official report, etc. is one of those to which the magnitude of a visual field is changed, and it can apply, respectively.

[0042] As mentioned above, it can consider as instead of [of a field diaphragm] by moving a movable protection-from-light member according to a case by exchanging the mirror itself from which magnitude differs in addition to the approach of attaining a field diaphragm. In addition, that it is applicable also in the shape of [more than a rectangular head] a polygon does not have not only a square but that the configuration of the strange field diaphragm with good opening shown in drawing 9 is circular, and ** to say, either. Moreover, since a field diaphragm can be arranged in projection optics, it cannot be overemphasized that it is also possible to lose the so-called reticle blind arranged at the illumination-light study system.

[0043] Next, the numerical example of the cata-dioptric system of this invention is explained. In the following numerical examples, lens arrangement is expressed in an expansion optical-path Fig., as shown in drawing 2 and drawing 4. In an expansion optical-path Fig., a reflector is expressed as a transparency side and each optical element is arranged by the order which the light from Reticle R passes. Moreover, the plane virtual side is used in the reflector of the Lieberkuhn. And as it is shown in drawing 2 since the configuration and spacing of a lens are expressed for example, the field through which it will pass by the time the light injected from Reticle R reaches Wafer W is made into the i-th page ($i = 1, 2, \dots$) one by one, using the pattern side of Reticle R as the 0th page. Here, it is the radius of curvature r_i of the i-th page. A sign just takes the case where a convex is turned to Reticle R in an expansion optical-path Fig. Moreover, it is d_i about the spacing of the i-th page and a ** ($i+1$) side. It carries out. Moreover, it is SiO₂ as ** material. A fused quartz is expressed and it is CaF₂. Fluorite is expressed. The refractive index to the criteria-for-use-of-food-additives wavelength (193.0nm) of a fused quartz and fluorite is as follows.

Fused quartz: 1.56019 fluorite : 1.50138 and 1/ of the variances ν are as follows.

Synthetic quartz: 1780 fluorite : The variance in the inside of 2550, however an example is a variance of **0.1nm to criteria-for-use-of-food-additives wavelength (193.0nm).

The [1st example] The 1st example by this invention is explained with reference to drawing 2. Drawing 2 is the expansion optical-path Fig. of the cata-dioptric system in the 1st example.

[0044] positive lens L1 of both the convex configuration where the 7th lens group G7 is the 8th lens group G8 sequentially from Reticle R side when the lens configuration of each lens group shown in drawing 2 is explained Negative lens L2 of both the concave configuration that is the 9th lens group G9 from -- it is constituted. positive lens L3 of both the convex configuration where 3rd lens group G3 arranged following the 7th lens group G7 is the 10th lens group G10 Negative lens L4 of the meniscus configuration where the convex was turned to the reticle R side which is the 11th lens group G11 Positive lens L5 of both the convex configuration that is the 12th lens group G12 from -- it is constituted. furthermore, negative lens L6 of the meniscus configuration where the 4th lens group G4 arranged following 3rd lens group G3 turned the concave surface to Reticle R side Concave mirror M1 from -- it is constituted.

[0045] The flux of light from Reticle R goes via the 8th lens group G8, the 9th lens group G9, the 10th lens group G10, the 11th lens group G11, the 12th lens group G12, the 4th lens group G4, the 12th lens group G12, the 11th lens group G11, and the 10th lens group G10 in order here. The middle image of Reticle R is formed between 3rd lens group G3 and the 7th lens group G7.

[0046] the 5th lens group G5 -- the order from this middle image side -- positive lens L7 of both the weak convex configuration of refractive power Positive lens L8 of both the convex configuration Negative lens L9 of both the concave configuration The negative lens L10 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, It consists of the negative lens L11 of both the concave configuration, a negative lens L12 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to the middle image side, a positive lens L13 of both the convex configuration, and a positive lens L14 of both the convex configuration.

[0047] Moreover, the 6th lens group G6 arranged following this 5th lens group G5 The positive lens L15 of the

meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side sequentially from the middle image side, The positive lens L16 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, and the negative lens L17 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to the middle image side, The positive lens L18 of both the convex configuration, and the negative lens L19 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, It consists of the positive lens component L20 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, a negative lens L21 of both the weak concave configuration of refractive power, a negative lens L22 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, and a positive lens L23 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side.

[0048] The value of the item of this example is hung up over following Table 1. In this example, it is 1/4 time (contraction) the scale factor of the whole system of this, and the numerical aperture NA by the side of Wafer W is 0.57. And as shown in drawing 1, a lengthwise direction is [the range of the body quantity from an optical axis Ax] the die length 24 from 52 to 76, and the longitudinal direction of the cata-dioptric system of this example exposure-field on Reticle R has the shape of a rectangle of 120.

[0049] In addition, it sets to this example shown in Table 1, and is the optical-path folding mirror M2. It is located in the 7th page and the 28th page. Moreover, in Table 1, it is a concave mirror M1. It is equivalent to the 18th page. By making the 17th page (virtual side) and the 18th page into a reflector (refractive index = -1) into this example, creation of the expansion optical-path Fig. shown in drawing 3 was enabled.

[0050]

[Table 1]

$d_0 = 100.000$

	r	d	硝材
1	608.570	40.000	CaF ₂
2	-535.784	35.737	
3	-767.542	15.000	SiO ₂
4	583.270	35.000	
5	0.000	20.000	仮想面
6	0.000	15.000	仮想面
7	0.000	67.394	仮想面
8	1932.142	40.000	CaF ₂
9	-501.972	223.395	
10	2599.069	15.000	SiO ₂
11	491.076	123.036	
12	883.255	30.000	SiO ₂
13	-2160.911	187.657	
14	0.000	160.860	仮想面
15	-281.482	15.000	SiO ₂
16	-3684.750	70.000	
17	0.000	0.000	仮想面
18	441.367	70.000	凹面鏡 M ₁ に相当
19	3684.750	15.000	SiO ₂
20	281.483	160.860	
21	0.000	187.657	仮想面
22	2160.911	30.000	SiO ₂
23	-883.255	123.036	
24	-491.076	15.000	SiO ₂
25	-2599.068	223.395	
26	501.972	40.000	CaF ₂
27	-1932.142	67.394	
28	0.000	15.000	仮想面
29	0.000	20.000	仮想面
30	0.000	80.000	仮想面
31	3884.731	30.000	SiO ₂
32	-1381.698	0.100	
33	391.241	30.000	CaF ₂
34	-352.648	5.000	
35	-340.120	24.000	SiO ₂
36	348.160	11.200	
37	6861.792	24.000	SiO ₂
38	490.913	10.907	
39	865.932	30.000	CaF ₂
40	-440.248	3.766	
41	-326.951	35.000	SiO ₂

42	-669.448	0.100	
43	490.606	35.000	C a F ₂
44	-3123.854	672.921	
45	681.761	40.000	S i O ₂
46	-8251.041	8.000	
47	0.000	8.000	開口絞り a
48	596.576	45.000	S i O ₂
49	664.912	1.260	
50	276.060	72.842	C a F ₂
51	12512.845	18.900	
52	-523.686	106.927	S i O ₂
53	-728.219	0.513	
54	704.707	33.464	C a F ₂
55	-2768.356	0.367	
56	154.151	69.820	S i O ₂
57	131.256	12.825	
58	148.970	44.938	S i O ₂
59	1416.567	4.200	
60	-1306.088	22.680	S i O ₂
61	6140.209	1.920	
62	1077.774	30.410	S i O ₂
63	604.397	2.252	
64	326.875	29.808	S i O ₂
65	5403.630	15.000	

The value corresponding to conditions is shown below.

(1) $|Y_0/Y_1| = 0.97$ (2) $|\beta| = 0.25$ (3) $P_4 = -0.00689$ (4) $P_3 + P_5 + P_6 + P_7 = 0.00608$ (5) $|P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7| = 0.0008$ (6) $|P_1 + P_2| = 0.00000$ drawing 3 (a) It is the longitudinal aberration Fig. of the 1st example. Drawing 3 (b) The chromatic-aberration-of-magnification Fig. of the 1st example, and drawing 3 (c) It is the transverse aberration Fig. of the 1st example. NA expresses numerical aperture all over each aberration Fig., and Y expresses image quantity. Moreover, Signs J, P, and Q show that wavelength is 193.0nm, 192.9nm, and 193.1nm, respectively. And drawing 3 (a) It sets and a broken line expresses the amount of violations of sine condition in spherical aberration, in astigmatism, a broken line expresses the meridional image surface and a continuous line expresses the sagittal image surface, respectively. Drawing 3 (c) In the shown transverse aberration Fig., the figure indicated in the upper part in each comatic-aberration Fig. expresses body quantity, and especially RAND expresses the time of the body quantity 0.

[0051] Drawing 3 (a) - (c) In this example, many shown aberration Figs. show that many aberration is amended good in a large field, though it is the big numerical aperture NA 0.57. Moreover, drawing 3 (a) - (c) Many shown aberration Figs. show that the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is also amended good in the range of 0.1nm wavelength width of face in this example.

The [2nd example] The 2nd example by this invention is explained with reference to drawing 4. Drawing 4 is the expansion optical-path Fig. of the cata-dioptric system by the 2nd example.

[0052] When the lens configuration of each lens group shown in drawing 4 is explained, it consists of a 10th lens group G10, an 11th lens group G11, and a 12th lens group G12 sequentially from Reticle R side. here -- the 10th lens group G10 -- positive lens L1 of both the convex configuration Negative lens L2 of both the concave configuration Positive lens L3 of both the convex configuration Negative lens L4 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to Reticle R side from -- it is constituted. moreover, negative lens L5 of the meniscus configuration where the 11th lens group G11 turned the convex to Reticle R side it is . the 12th lens group G12 -- positive lens L6 of both the convex configuration Negative lens L7 of the meniscus configuration where the convex was turned to Reticle R side Positive lens L8 of both the convex configuration

from -- it is constituted. furthermore, negative lens L9 of the meniscus configuration where the 4th lens group G4 arranged following 3rd lens group G3 turned the concave surface to Reticle R side Concave mirror M1 from -- it is constituted.

[0053] Here, the flux of light from Reticle R forms the middle image of Reticle R between 3rd lens group G3 and Reticle R in order via the 10th lens group G10, the 11th lens group G11, the 12th lens group G12, the 4th lens group G4, the 12th lens group G12, the 11th lens group G11, and the 10th lens group G10. the negative lens L10 of the meniscus configuration where the 5th lens group G5 turned the concave surface to the middle image sequentially from this middle image side, the positive lens L11 of both the convex configuration, the negative lens L12 of both the concave configuration, the positive lens L13 of both the convex configuration, the negative lens L14 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to the middle image side, the positive lens L15 of both the convex configuration, and the positive lens L16 of both the convex configuration -- ** -- since -- it is constituted.

[0054] Moreover, the 6th lens group G6 arranged following this 5th lens group G5 The positive lens L17 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side sequentially from the middle image side, The positive lens L18 of both the convex configuration, the negative lens L19 of both the concave configuration, and the positive lens L20 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, The negative lens L21 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, and the positive lens component L22 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side, It consists of a negative lens L23 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to the middle image side, a positive lens L24 of both the convex configuration, and a positive lens L25 of the meniscus configuration where the convex was turned to the middle image side. Moreover, aperture-diaphragm a is arranged between the 5th lens group G5 and the 6th lens group G6 at this time.

[0055] The value of the item of this example is hung up over following Table 2. In this example, it is 1/4 time (contraction) the scale factor of the whole system of this, and the numerical aperture NA by the side of wafer W- is 0.57. A lengthwise direction is [the range of the body quantity from an optical axis Ax] the die length 2 from 48 to 72, and the longitudinal direction of the cata-dioptric system of this example exposure-field on Reticle R has the shape of a rectangle of 120.

[0056] In addition, in Table 2, it is a concave mirror M1. It is equivalent to the 20th page. By making the 19th page (virtual side) and the 20th page into a reflector (refractive index = -1) into this example, creation of the expansion optical-path Fig. shown in drawing 5 was enabled.

[0057]

[Table 2]

d₀ = 218.470

	r	d	n
1	269.428	60.000	CaF ₂
2	-309.838	5.000	
3	-287.784	15.000	SiO ₂
4	298.252	31.810	
5	319.859	60.000	CaF ₂
6	-267.967	4.500	
7	-273.316	20.000	SiO ₂
8	-714.458	113.482	
9	1247.366	16.200	SiO ₂
10	358.307	83.901	
11	1886.366	25.920	CaF ₂
12	-409.348	19.000	
13	-191.202	20.000	SiO ₂
14	-460.687	15.474	
15	402.149	33.000	SiO ₂
16	-903.948	201.807	
17	-197.350	15.000	SiO ₂
18	231563.902	20.000	
19	0.000	0.000	仮想面
20	314.319	20.000	凹面鏡 M ₁ に相当
21	231563.902	15.000	SiO ₂
22	197.350	201.807	
23	903.948	33.000	SiO ₂
24	-402.149	15.474	
25	460.687	20.000	SiO ₂
26	191.202	19.000	
27	409.348	25.920	CaF ₂
28	1886.369	83.901	
29	-358.307	16.200	SiO ₂
30	-1247.366	113.482	
31	714.458	20.000	SiO ₂
32	273.316	4.500	
33	267.967	60.000	CaF ₂
34	-319.859	31.810	
35	-298.252	15.000	SiO ₂
36	287.784	5.000	
37	309.838	60.000	CaF ₂
38	-269.428	183.470	
39	-227.267	20.000	CaF ₂
40	-391.496	3.645	
41	617.033	45.000	SiO ₂

42	-292.147	46.222	
43	-259.118	15.000	S i O ₂
44	408.199	18.785	
45	1461.463	45.000	C a F ₂
46	-250.187	7.000	
47	-223.680	18.000	S i O ₂
48	-526.047	56.717	
49	936.544	45.000	C a F ₂
50	406.507	590.310	
51	795.462	29.000	S i O ₂
52	-1984.285	10.000	
53	0.000	10.000	開口絞り a
54	230.009	32.805	S i O ₂
55	1447.955	5.000	
56	613.320	35.000	C a F ₂
57	-1494.241	7.137	
58	-694.448	40.000	S i O ₂
59	478.128	5.000	
60	372.847	48.067	C a F ₂
61	2287.239	0.100	
62	100.159	42.562	S i O ₂
63	80.943	9.000	
64	86.320	28.964	S i O ₂
65	1884.561	4.000	
66	-401.131	17.580	S i O ₂
67	-2761.121	0.100	
68	508.419	21.383	S i O ₂
69	-577.558	0.100	
70	647.419	15.000	S i O ₂
71	3939.247	15.000	

The value corresponding to conditions is shown below.

(1) $|Y0/Y1| = 0.97$ (2) $|\beta| = 0.25$ (3) $P4 = -0.01$ (4) $P3 + P5 + P6 + P7 = 0.00855$ (5) $|P3 + P4 + P5 + P6 + P7| = -0.00145$ (6) $|P1 + P2| = 0.00001$ drawing 5 (a) It is the longitudinal aberration Fig. of the 2nd example. Drawing 5 (b) The chromatic-aberration-of-magnification Fig. of the 2nd example, and drawing 5 (c) It is the transverse aberration Fig. of the 2nd example. NA expresses numerical aperture all over each aberration Fig., and Y expresses image quantity. Moreover, Signs J, P, and Q show that wavelength is 193.0nm, 192.9nm, and 193.1nm, respectively. And drawing 5 (a) It sets and a broken line expresses the amount of violations of sine condition in spherical aberration, in astigmatism, a broken line expresses the meridional image surface and a continuous line expresses the sagittal image surface, respectively. Drawing 5 (c) In the shown transverse aberration Fig., the figure indicated in the upper part in each comatic-aberration Fig. expresses body quantity, and especially RAND expresses the time of the body quantity 0.

[0058] Drawing 5 (a) - (c) In this example, many shown aberration Figs. show that many aberration is amended good in a large field, though it is the big numerical aperture NA 0.57. Moreover, drawing 5 (a) - (c) Many shown aberration Figs. show that the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is also amended good in the range of 0.1nm wavelength width of face in this example.

[0059] Though it is very big numerical aperture according to each example according to this invention the above passage, it is a concave mirror M1. It is possible to offer the cata-dioptric system by which many aberration was amended good in the small and large exposure field. And in the 1st example, it is a concave

mirror M1. A diameter can be made about into 330. In the 2nd example, it is a concave mirror M1. A diameter can be made about into 210. Moreover, miniaturizing is possible also about the diameter of the dioptric lens of each example.

[0060] Moreover, at each above-mentioned example, it is the optical-path folding mirror M2 as an optical-path deflection means. Since it is the configuration arranged near the middle image which the 1st image formation optical system G1 forms, it is the optical-path folding mirror M2. Effect of the receiving eccentric error of the 1st and 2nd image formation optical system G1 and G2 can be lessened. Moreover, at each above-mentioned example, it is the optical-path folding mirror M2. Since the path of the flux of light which reaches a reflector becomes small, it is the optical-path folding mirror M2. The miniaturization of the very thing can be attained. Therefore, optical-path folding mirror M2 Since electric shielding of the flux of light to depend can be lessened there is also an advantage which can attain expansion-ization of an exposure field.

[0061] Furthermore, at each example, it is the optical-path folding mirror M2. Since it is considering as the configuration led to the 2nd image formation optical system G2 after deflecting 90 degrees of flux of lights from the 1st image formation optical system G1, there is an advantage which can perform easily eccentric adjustment with the 1st image formation optical system G1 and the 2nd image formation optical system G2. Moreover, in each example, if this aperture-diaphragm a is constituted so that it may become diameter of opening adjustable since aperture-diaphragm a can be arranged between the 5th lens group G5 in the 2nd image formation optical system G2, and the 6th lens group G6, exposure by the NA adjustable (or mho adjustable) can also be attained.

[0062] In addition, optical-path folding mirror M1 of the 1st and 2nd above-mentioned examples When taking instead the configuration which uses a beam splitter, the body quantity from the optical axis Ax on Reticle R can also perform one-shot exposure which uses within the limits (usable [within the limits of -76] in the 1st example) of 0-72.

[0063]

[Effect of the Invention] according to this invention the above passage -- the miniaturization of the aperture of concave mirror -- it can attain -- in addition -- and after fully securing the working distance, high numerical aperture is realizable.

[Translation done.]

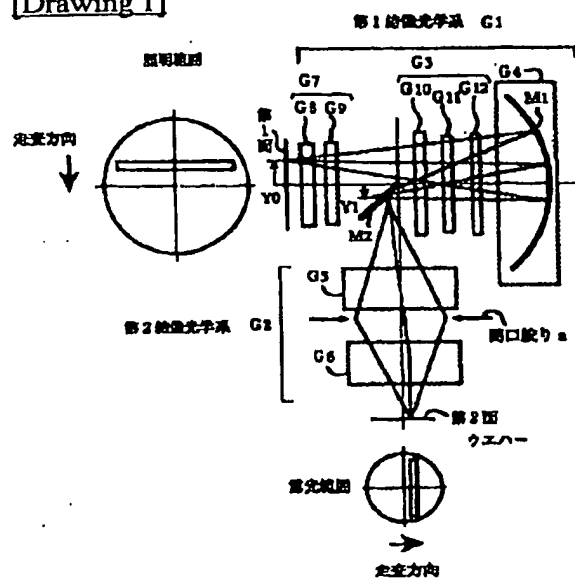
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

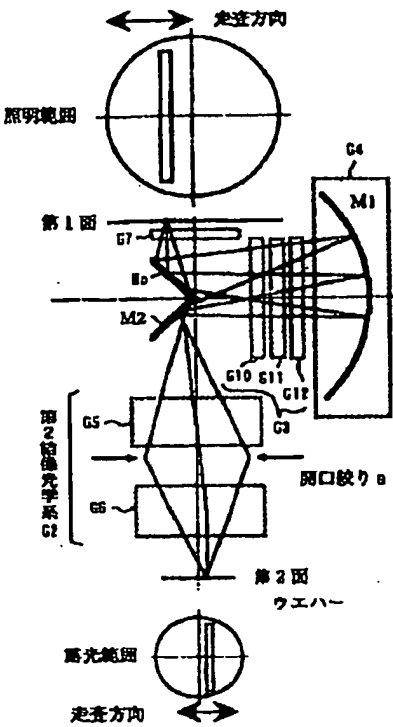
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

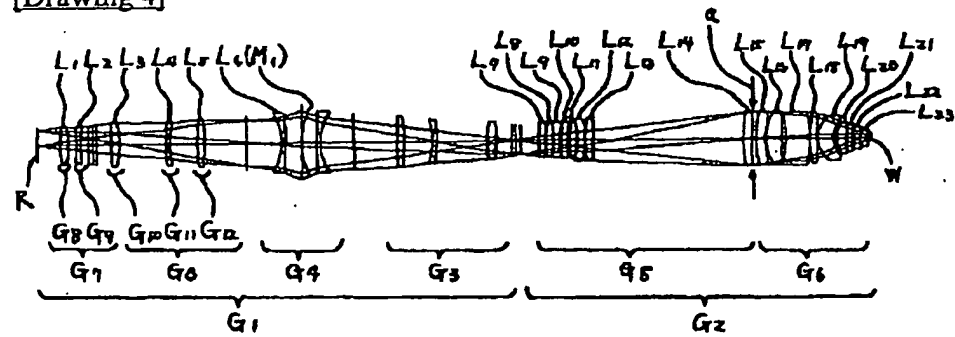
[Drawing 1]



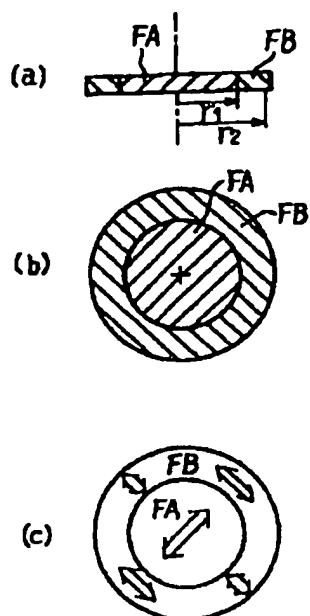
[Drawing 2]



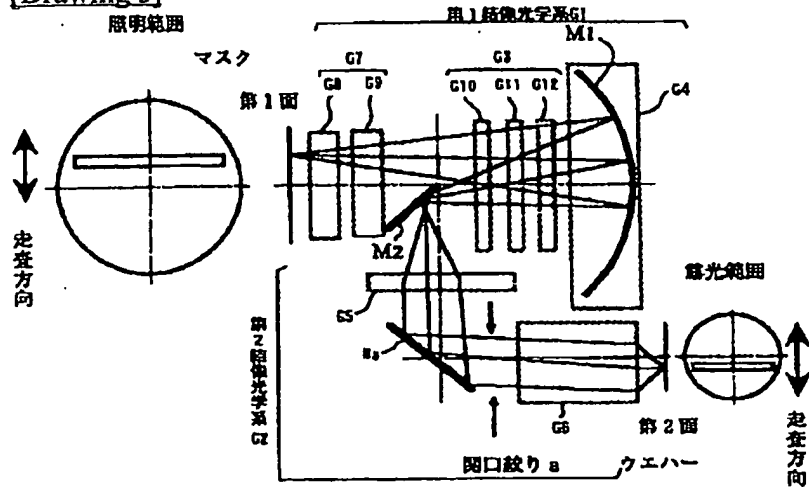
[Drawing 4]



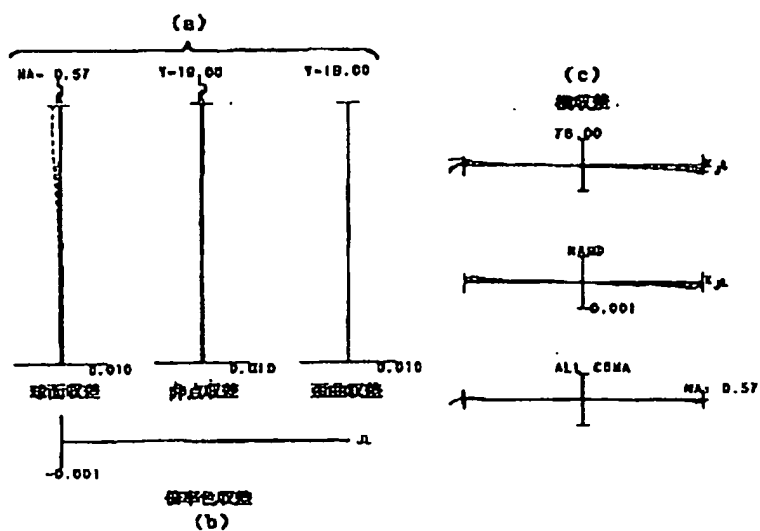
[Drawing 8]



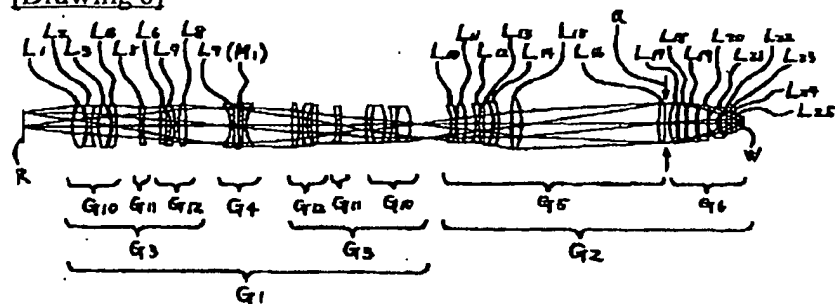
[Drawing 3]



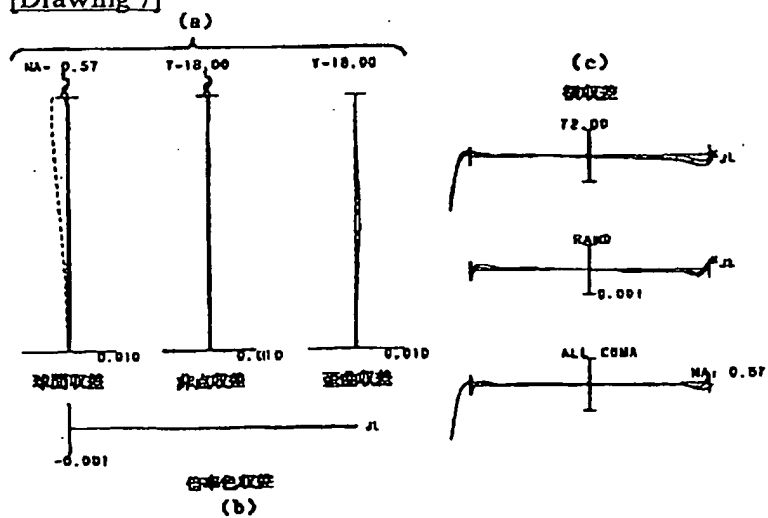
[Drawing 5]



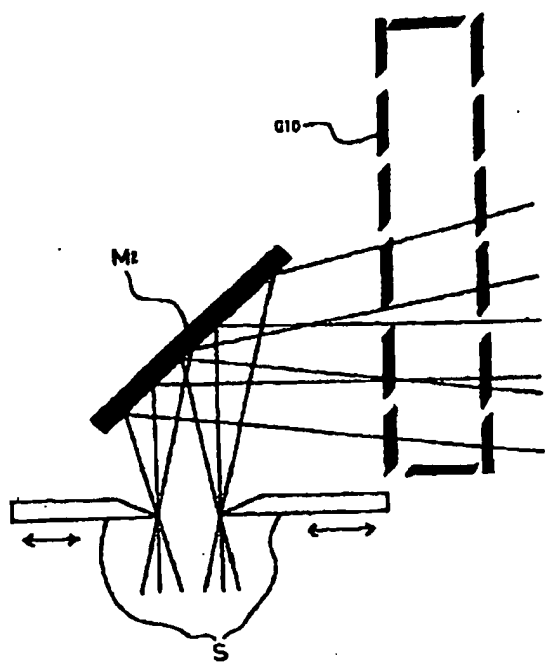
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 9]



[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CORRECTION OR AMENDMENT

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of Patent Law

[Section partition] The 2nd partition of the 6th section

[Publication date] May 22, Heisei 14 (2002. 5.22)

[Publication No.] JP,8-334695,A

[Date of Publication] December 17, Heisei 8 (1996. 12.17)

[Annual volume number] Open patent official report 8-3347

[Application number] Japanese Patent Application No. 8-30978

[The 7th edition of International Patent Classification]

G02B 17/08

[FI]

G02B 17/08 A

[Procedure revision]

[Filing Date] February 18, Heisei 14 (2002. 2.18)

[Procedure amendment 1]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] Claim

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st image formation optical system which forms the middle image of the 1st page, The 2nd image formation optical system which forms the image of said middle image on the 2nd page, It is arranged in the optical path in which it results from said 1st image formation optical system to said 2nd image formation optical system, and has the 1st optical-path deviation member which leads the light from said 1st image formation optical system to said 2nd image formation optical system, Said 1st image formation optical system has the 4th lens group G4 which has 3rd lens group G3 which has forward refractive power at least as a whole, and the negative lens component which turned the concave surface to said concave mirror and 1st page side, Said 3rd lens group G3 contains at least the 10th lens group G10 which has forward refractive power, the 11th lens group G11 which has negative refractive power, and the 12th lens group G12 which has forward refractive power sequentially from said 1st page side, And said light from the 1st page is drawn in order of said 10th lens group G10, said 11th lens group G11, said 12th lens group G12, said 4th lens group G4, said 12th lens group G12, said 11th lens group G11, and said 10th lens group G10,

The synthetic scale factor of said 1st image formation optical system and said 2nd image formation optical system is cata-dioptric system characterized by being a contraction scale factor.

[Claim 2] Said 2nd image formation optical system is the cata-dioptric system according to claim 1

characterized by having a contraction scale factor.

[Claim 3] Claim 1 characterized by arranging said 1st optical-path deviation member in the location which is among the optical path between said 1st page and said 3rd lens group G3, and swerved from the optical axis of said 3rd lens group G3, and cata-dioptric system given in two.

[Claim 4] Said 2nd image formation optical system is cata-dioptric system given in claim 1 characterized by having the 5th lens group G5 of forward refractive power, and the 6th lens group G6 of forward refractive power thru/or any 1 term of 3.

[Claim 5] Cata-dioptric system according to claim 4 characterized by arranging an aperture diaphragm in the optical path between said 5th lens groups G5 and said 6th lens groups G6.

[Claim 6] Said 1st image formation optical system has the 7th lens group G7 arranged in the optical path between said 1st page and said 3rd lens group G3,

This 7th lens group G7 is cata-dioptric system given in claim 1 characterized by having the pre-group of forward refractive power, and the back group of negative refractive power sequentially from said 1st page side thru/or any 1 term of 5.

[Claim 7] Cata-dioptric system according to claim 6 characterized by arranging said 1st optical-path deviation member in the location which is among the optical path between said 3rd lens group G3 and said 7th lens groups G7, and swerved from the optical axis of said 7th lens group G7.

[Claim 8] When setting to Y1 the image quantity of said middle image in which sets the height of the body on said 1st page to Y0, and image formation is carried out by said 1st image formation optical system, $0.4 < |Y0/Y1| < 1.2$

Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by being satisfied thru/or any 1 term of 7.

[Claim 9] The optical material which constitutes said 2nd image formation optical system is cata-dioptric system given in claim 1 characterized by being at least two kinds of optical materials with which variances differ mutually thru/or any 1 term of 8.

[Claim 10] For said 6th lens group G6 in said 2nd image formation optical system, said 5th lens group G5 in said 2nd image formation optical system is cata-dioptric system given in claim 1 characterized by including the positive lens component which consists of low distribution glass thru/or any 1 term of 9 including the negative lens component which consists of high distribution glass, and the positive lens component which consists of low distribution glass.

[Claim 11] Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by arranging the 2nd optical-path deviation member which deflects said light from the 1st page between said 1st page and said 3rd lens group G3 in said 1st image formation optical system in order to make parallel said 1st page and said 2nd page thru/or any 1 term of 10.

[Claim 12] Cata-dioptric system according to claim 11 characterized by arranging the 1st page and said 2nd page so that said normal of the 1st page and said normal of the 2nd page may make a right angle to the gravity direction.

[Claim 13] Cata-dioptric system given in any 1 term of claim 1 characterized by arranging the 1st optical-path deviation member and the 3rd optical-path deviation member which deflects the light which went via said 1st optical-path deviation member between said 6th lens groups G6 in said 2nd image formation optical system in order to carry out said arrangement with the 1st page and said 2nd page to parallel thru/or claim 12.

[Claim 14] Cata-dioptric system according to claim 13 characterized by said 1st page and said thing [arranging the 2nd page horizontally and arranging said 1st page more nearly up than said 2nd page].

[Claim 15] Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by preparing the field diaphragm from which the image formation area size on said 2nd page serves as adjustable in the location of the middle image formed between said 1st image formation optical system and said 2nd image formation optical system thru/or any 1 term of 14.

[Claim 16] Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by preparing the filter which makes the depth of focus deep into the optical path near [said] the concave mirror in said 1st image formation optical system, or the optical path of said 2nd image formation optical system thru/or any 1 term of 15.

[Claim 17] Cata-dioptric system given in claim 1 characterized by arranging an aperture diaphragm in the optical path of a near [said concave mirror in said 1st image formation optical system], or the optical path of said 2nd image formation optical system thru/or any 1 term of 15.

[Claim 18] In the projection aligner which carries out projection exposure on the substrate with which the

pattern formed in the reticle was applied to the sensitization object through projection optics, The projection aligner with which said projection optics is characterized by being cata-dioptic system given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 17.

[Procedure amendment 2]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0043

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0043] Next, the numerical example of the cata-dioptic system of this invention is explained. In the following numerical examples, lens arrangement is expressed in an expansion optical-path Fig., as shown in drawing 4 and drawing 6. In an expansion optical-path Fig., a reflector is expressed as a transparency side and each optic element is arranged by the order which the light from Reticle R passes. Moreover, the plane virtual side is used in the reflector of the lieberkuhn. And as it is shown in drawing 4 since the configuration and spacing of a lens are expressed for example, the field through which it will pass by the time the light injected from Reticle R reaches Wafer W is made into the i-th page ($i = 1, 2, \dots$) one by one, using the pattern side of Reticle R as the 0th page. Here, it is the radius of curvature r_i of the i-th page. A sign just takes the case where a convex is turned to Reticle R in an expansion optical-path Fig. Moreover, it is d_i about the spacing of the i-th page and a $(i+1)$ side. It carries out. Moreover, it is SiO_2 as $**$ material. A fused quartz is expressed and it is CaF_2 . Fluorite is expressed. The refractive index to the criteria-for-use-of-food-additives wavelength (193.0nm) of a fused quartz and fluorite is as follows.

Fused quartz: 1.56019

Fluorite : 1.50138

Moreover, 1/of the variances ν is as follows.

Synthetic quartz: 1780

Fluorite : 2550

However, the variance in the inside of an example is a variance of $**0.1\text{nm}$ to criteria-for-use-of-food-additive wavelength (193.0nm).

[The 1st example]

The 1st example by this invention is explained with reference to drawing 4. Drawing 4 is the expansion optical path Fig. of the cata-dioptic system in the 1st example.

[Procedure amendment 3]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0044

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0044] positive lens L1 of both the convex configuration where the 7th lens group G7 is the 8th lens group G8 sequentially from Reticle R side when the lens configuration of each lens group shown in drawing 4 is explained Negative lens L2 of both the concave configuration that is the 9th lens group G9 from -- it is constituted. positive lens L3 of both the convex configuration where 3rd lens group G3 arranged following the 7th lens group G7 is the 10th lens group G10 Negative lens L4 of the meniscus configuration where the convex was turned to the reticle R side which is the 11th lens group G11 Positive lens L5 of both the convex configuration that is the 12th lens group G12 from -- it is constituted. furthermore, negative lens L6 of the meniscus configuration where the 4th lens group G4 arranged following 3rd lens group G3 turned the concave surface to Reticle R side Concave mirror M1 from -- it is constituted.

[Procedure amendment 4]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0049

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0049] In addition, it sets to this example shown in Table 1, and is the optical-path folding mirror M2. It is located in the 7th page and the 28th page. Moreover, in Table 1, it is a concave mirror M1. It is equivalent to the 18th page. By making the 17th page (virtual side) and the 18th page into a reflector (refractive index = -1) into this example, creation of the expansion optical-path Fig. shown in drawing 4 was enabled.

http://www4.ipdl.ncipi.go.jp/cgi-bin/tran_web_cgi_ejje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.ncipi.go.... 9/29/200

[Procedure amendment 5]
 [Document to be Amended] Specification
 [Item(s) to be Amended] 0050
 [Method of Amendment] Modification
 [Proposed Amendment]

[0050]

[Table 1]

d0 = 100.000

r d ** material

1 608.570 40.000 CaF2

2 -535.784 35.737

3 -767.542 15.000 SiO2

4 583.270 35.000

5 0.000 20.000 Virtual Side

6 0.000 15.000 Virtual Side

7 0.000 67.394 Virtual Side

8 1932.142 40.000 CaF2

9 -501.972 223.395

10 2599.069 15.000 SiO2

11 491.076 123.036

12 883.255 30.000 SiO2

13 -2160.911 187.657

14 0.000 160.860 Virtual Side

15 -281.482 15.000 SiO2

16 -3684.750 70.000

17 0.000 0.000 Virtual Side

18 441.367 70.000 Concave Mirror M1 Considerable

19 3684.750 15.000 SiO2

20 281.483 160.860

21 0.000 187.657 Virtual Side

22 2160.911 30.000 SiO2

23 -883.255 123.036

24 -491.076 15.000 SiO2

25 -2599.068 223.395

26 501.972 40.000 CaF2

27 -1932.142 67.394

28 0.000 15.000 Virtual Side

29 0.000 20.000 Virtual Side

30 0.000 80.000 Virtual Side

31 3884.731 30.000 SiO2

32 -1381.698 0.100

33 391.241 30.000 CaF2

34 -352.648 5.000

35 -340.120 24.000 SiO2

36 348.160 11.200

37 6861.792 24.000 SiO2

38 490.913 10.907

39 865.932 30.000 CaF2

40 -440.248 3.766

41 -326.951 35.000 SiO2

42 -669.448 0.100

43 490.606 35.000 CaF2

44 -3123.854 672.921

45 681.761 40.000 SiO₂
 46 -8251.041 8.000
 47 0.000 8.000 Aperture Diaphragm A
 48 596.576 45.000 SiO₂
 49 664.912 1.260
 50 276.060 72.842 CaF₂
 51 12512.845 18.900
 52 -523.686 106.927 SiO₂
 53 -728.219 0.513
 54 704.707 33.464 CaF₂
 55 -2768.356 0.367
 56 154.151 69.820 SiO₂
 57 131.256 12.825
 58 148.970 44.938 SiO₂
 59 1416.567 4.200
 60 -1306.088 22.680 SiO₂
 61 6140.209 1.920
 62 1077.774 30.410 SiO₂
 63 604.397 2.252
 64 326.875 29.808 SiO₂
 65 5403.630 15.000

The value corresponding to conditions is shown below.

- (1) $|Y_0/Y_1| = 0.97$
- (2) $|\beta| = 0.25$
- (3) $P_4 = -0.00689$
- (4) $P_3 + P_5 + P_6 + P_7 = 0.00608$
- (5) $|P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7| = -0.00081$
- (6) $|P_1 + P_2| = 0.00000$

Drawing 5 (a) It is the longitudinal aberration Fig. of the 1st example, and is drawing 5 (b). The chromatic-aberration-of-magnification Fig. of the 1st example, and drawing 5 (c) It is the transverse aberration Fig. of the 1st example. NA expresses numerical aperture all over each aberration Fig., and Y expresses image quantity. Moreover, Signs J, P, and Q show that wavelength is 193.0nm, 192.9nm, and 193.1nm, respectively. And drawing 5 (a) It sets and a broken line expresses the amount of violations of sine condition in spherical aberration, in astigmatism, a broken line expresses the meridional image surface and a continuous line express the sagittal image surface, respectively. Drawing 5 (c) In the shown transverse aberration Fig., the figure indicated in the upper part in each comatic-aberration Fig. expresses body quantity, and especially RAND expresses the time of the body quantity 0.

[Procedure amendment 6]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0051

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0051] Drawing 5 (a) - (c) In this example, many shown aberration Figs. show that many aberration is amended good in a large field, though it is the big numerical aperture NA 0.57. Moreover, drawing 5 (a) - (c) Many shown aberration Figs. show that the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is also amended good in the range of 0.1nm wavelength width of face in this example.

[The 2nd example]

The 2nd example by this invention is explained with reference to drawing 6. Drawing 6 is the expansion optical-path Fig. of the cata-dioptric system by the 2nd example.

[Procedure amendment 7]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0052

[Method of Amendment] Modification

http://www4.ipdl.ncipi.go.jp/cgi-bin/tran_web CGI_ejje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.ncipi.go.... 9/29/201

[Proposed Amendment]

[0052] When the lens configuration of each lens group shown in drawing 6 is explained, it consists of a 10th lens group G10, an 11th lens group G11, and a 12th lens group G12 sequentially from Reticle R side. here -- the 10th lens group G10 -- positive lens L1 of both the convex configuration Negative lens L2 of both the concave configuration Positive lens L3 of both the convex configuration Negative lens L4 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to Reticle R side from -- it is constituted. moreover, negative lens L5 of the meniscus configuration where the 11th lens group G11 turned the convex to Reticle R side it is . the 12th lens group G12 -- positive lens L6 of both the convex configuration Negative lens L7 of the meniscus configuration where the convex was turned to Reticle R side Positive lens L8 of both the convex configuration from -- it is constituted. furthermore, the 4th lens group G4 arranged following 3rd lens group G3 -- a negative lens L9 and concave mirror M1 from -- it is constituted.

[Procedure amendment 8]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0056

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0056] In addition, in Table 2, it is a concave mirror M1. It is equivalent to the 20th page. By making the 19th page (virtual side) and the 20th page into a reflector (refractive index = -1) into this example, creation of the expansion optical-path Fig. shown in drawing 6 was enabled.

[Procedure amendment 9]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0057

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0057]

[Table 2]

d0 =218.470

r d n

1 269.428 60.000 CaF2

2 -309.838 5.000

3 -287.784 15.000 SiO2

4 298.252 31.810

5 319.859 60.000 CaF2

6 -267.967 4.500

7 -273.316 20.000 SiO2

8 -714.458 113.482

9 1247.366 16.200 SiO2

10 358.307 83.901

11 1886.366 25.920 CaF2

12 -409.348 19.000

13 -191.202 20.000 SiO2

14 -460.687 15.474

15 402.149 33.000 SiO2

16 -903.948 201.807

17 -197.350 15.000 SiO2

18 231563.902 20.000

19 0.000 0.000 Virtual Side

20 314.319 20.000 Concave Mirror M1 Considerable

21 231563.902 15.000 SiO2

22 197.350 201.807

23 903.948 33.000 SiO2

24 -402.149 15.474

25 460.687 20.000 SiO2

26 191.202 19.000
 27 409.348 25.920 CaF2
 28 1886.369 83.901
 29 -358.307 16.200 SiO2
 30 -1247.366 113.482
 31 714.458 20.000 SiO2
 32 273.316 4.500
 33 267.967 60.000 CaF2
 34 -319.859 31.810
 35 -298.252 15.000 SiO2
 36 287.784 5.000
 37 309.838 60.000 CaF2
 38 -269.428 183.470
 39 -227.267 20.000 CaF2
 40 -391.496 3.645
 41 617.033 45.000 SiO2
 42 -292.147 46.222
 43 -259.118 15.000 SiO2
 44 408.199 18.785
 45 1461.463 45.000 CaF2
 46 -250.187 7.000
 47 -223.680 18.000 SiO2
 48 -526.047 56.717
 49 936.544 45.000 CaF2
 50 406.507 590.310
 51 795.462 29.000 SiO2
 52 -1984.285 10.000
 53 0.000 10.000 Aperture Diaphragm A
 54 230.009 32.805 SiO2
 55 1447.955 5.000
 56 613.320 35.000 CaF2
 57 -1494.241 7.137
 58 -694.448 40.000 SiO2
 59 478.128 5.000
 60 372.847 48.067 CaF2
 61 2287.239 0.100
 62 100.159 42.562 SiO2
 63 80.943 9.000
 64 86.320 28.964 SiO2
 65 1884.561 4.000
 66 -401.131 17.580 SiO2
 67 -2761.121 0.100
 68 508.419 21.383 SiO2
 69 -577.558 0.100
 70 647.419 15.000 SiO2
 71 3939.247 15.000

The value corresponding to conditions is shown below.

- (1) $|Y0/Y1| = 0.97$
- (2) $|\beta| = 0.25$
- (3) $P4 = -0.01$
- (4) $P3 + P5 + P6 + P7 = 0.00855$
- (5) $|P3 + P4 + P5 + P6 + P7| = -0.00145$
- (6) $|P1 + P2| = 0.00001$

Drawing 7 (a) It is the longitudinal aberration Fig. of the 2nd example, and is drawing 7 (b). The chromatic-aberration-of-magnification Fig. of the 2nd example, and drawing 7 (c) It is the transverse aberration Fig. of the 2nd example. NA expresses numerical aperture all over each aberration Fig., and Y expresses image quantity. Moreover, Signs J, P, and Q show that wavelength is 193.0nm, 192.9nm, and 193.1nm, respectively. And drawing 7 (a) It sets a broken line expresses the amount of violations of sine condition in spherical aberration, in astigmatism, a broken line expresses the meridional image surface and a continuous line expresses the sagittal image surface, respectively. Drawing 7 (c) In the shown transverse aberration Fig., the figure indicated in the upper part in each comatic-aberration Fig. expresses body quantity, and especially RAND expresses the time of the body quantity 0.

[Procedure amendment 10]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0058

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0058] Drawing 7 (a) - (c) In this example, many shown aberration Figs. show that many aberration is amended good in a large field, though it is the big numerical aperture NA 0.57. Moreover, drawing 7 (a) - (c) Many shown aberration Figs. show that the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is also amended good in the range of 0.1nm wavelength width of face in this example.

[Translation done.]